

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

CF0 15728 VS / shi

09/940,642

OIP & ACC 2176

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 8月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-254638

出 願 人

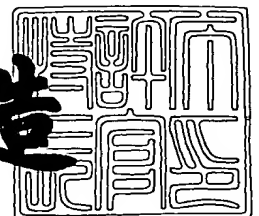
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2001年 9月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3085915

【書類名】 特許願

【整理番号】 4523012、

【提出日】 平成13年 8月24日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 H01J 1/30

【発明の名称】 電子放出素子及び電子源及び画像形成装置

【請求項の数】 30

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社 内

【氏名】 河手 信一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社 内

【氏名】 塚本 健夫

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100085006

【弁理士】

【氏名又は名称】 世良 和信

【電話番号】 03-5643-1611

【選任した代理人】

【識別番号】 100100549

【弁理士】

【氏名又は名称】 川口 嘉之

【選任した代理人】

【識別番号】 100106622

【弁理士】

【氏名又は名称】 和久田 純一

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-265821

【出願日】 平成12年 9月 1日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 066073

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0011612

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子放出素子及び電子源及び画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絶縁性の基板上に、間隙を挟んで対向するように形成される引出し電極及び陰極電極と、

前記陰極電極上に形成された、Tiの酸化物、Zrの酸化物またはNbの酸化物をその表面に有する第1の層と、

前記第1の層の、前記引出し電極側の側壁面上に設けられた触媒粒子を介して成長した繊維状カーボンと、を有することを特徴とする電子放出素子。

【請求項 2】

前記第1の層は、前記引出し電極側の側壁面のみが露出され、他の表面は前記第1の層に比べて繊維状カーボンが成長しない材料で覆われていることを特徴とする請求項1に記載の電子放出素子。

【請求項 3】

前記第1の層に比べて繊維状カーボンが成長しない材料は、Ta, Cr, Au, Ag, Pt及び前記触媒粒子を構成する材料と同一種類の材料のうちの少なくともいずれか一つであることを特徴とする請求項2に記載の電子放出素子。

【請求項 4】

前記繊維状カーบอนは、グラファイトナノファイバー、カーボンナノチューブ、アモルファスカーボンもしくはこれらの混合物からなることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 5】

前記繊維状カーボン、グラフェンを有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 6】

前記繊維状カーボン、複数のグラフェンを有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 7】

前記複数のグラフェンは、前記繊維状カーボンの軸方向に積層されてなることを特徴とする請求項 6 に記載の電子放出素子。

【請求項 8】

前記触媒粒子は、Pd, Ni, Fe, Coあるいはこれらの合金からなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 9】

前記繊維状カーボンによる電子放出位置が、前記引出し電極の表面の位置よりも、前記基板の表面から離れていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 10】

前記引出し電極及び陰極電極は、略平面状の前記基板表面上に形成されると共に、前記陰極電極の厚みが、引出し電極の厚みよりも厚いことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 11】

前記基板は、前記陰極電極が形成される領域の厚みが、前記引出し電極が形成される領域の厚みよりも厚いことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 12】

前記第 1 の層は、前記陰極電極上から、前記基板の表面上であって前記引出し電極及び陰極電極との間隙内にまで形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれか一つに記載の電子放出素子を複数個配列したことを特徴とする電子源。

【請求項 14】

前記複数の電子放出素子を、マトリクス状の配線にそれぞれ電氣的に接続したことを特徴とする請求項 13 に記載の電子源。

【請求項 15】

請求項 1 3 または 1 4 に記載の電子源に対向する位置に、放出された電子の衝突によって画像を形成する画像形成部材を設けたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 1 6】

基板表面上に、間隙を挟んで対向するように配置された第 1 の電極及び第 2 の電極と、

前記第 1 の電極に電氣的に接続された炭素を主成分とする複数のファイバーとを有する電子放出素子であって、

前記ファイバーは、前記第 2 の電極に対向する前記第 1 の電極の面上に、配置されることを特徴とする電子放出素子。

【請求項 1 7】

前記炭素を主成分とするファイバーの各々は、グラフェンを有することを特徴とする請求項 1 6 に記載の電子放出素子。

【請求項 1 8】

前記炭素を主成分とするファイバーの各々は、複数のグラフェンを有することを特徴とする請求項 1 6 に記載の電子放出素子。

【請求項 1 9】

前記複数のグラフェンは、前記炭素を主成分とするファイバーの軸方向に積層されてなることを特徴とする請求項 1 8 に記載の電子放出素子。

【請求項 2 0】

前記第 2 の電極と前記第 1 の電極間に、前記第 2 の電極の電位が高いように電圧を印加することにより、電子を放出することを特徴とする請求項 1 6 乃至 1 9 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 2 1】

前記基板表面から前記ファイバーまでの高さが、前記基板表面から前記第 2 の電極表面までの高さよりも高いことを特徴とする請求項 1 6 乃至 2 0 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 2 2】

前記第 1 の電極の厚みが、前記第 2 の電極の厚みよりも厚いことを特徴とする

請求項 1 6 乃至 2 1 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 2 3】

前記第 1 の電極と前記ファイバーとの間に第 1 の層が配置されており、当該第 1 の層が、その表面に、Ti 酸化物、Zr 酸化物または、Nb 酸化物を有することを特徴とする請求項 1 6 乃至 2 2 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 2 4】

前記炭素を主成分とするファイバーは、前記第 1 の層上に配置された触媒材料を介して成長したものであることを特徴とする請求項 2 3 に記載の電子放出素子。

【請求項 2 5】

前記触媒材料は、Pd, Ni, Fe, Co、あるいはこれらの合金のいずれかであることを特徴とする請求項 2 4 に記載の電子放出素子。

【請求項 2 6】

前記第 1 の層は、導電性であることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 5 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 2 7】

前記第 1 の層は、前記第 2 の電極に対向する面以外を第 2 の層で覆われており、当該第 2 の層は、前記第 1 の層に比べて炭素を主成分とするファイバーの成長が実質的に行われない材料からなることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 6 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 2 8】

前記第 1 の層は、前記第 2 の電極に対向する面以外を第 2 の層で覆われており、当該第 2 の層は、Ta, Cr, Au, Ag, Pt および触媒材料と同一種類の材料からなることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 6 のいずれか一つに記載の電子放出素子。

【請求項 2 9】

請求項 1 6 乃至 2 8 のいずれか一つに記載の電子放出素子を複数配列した電子源。

【請求項 3 0】

請求項 2 9 に記載の電子源と、蛍光体とを有する画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子の放出を行う電子放出素子、およびこれを用いた電子源、及びこれを用いた画像形成装置に関するものである。なお、本発明の画像形成装置は、テレビジョン放送等を表示する装置、テレビ会議システムやコンピューター等の表示装置の他、感光性ドラム等を用いて構成された光プリンター等に用いることができるものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、金属に対し 10^6 V/cm 以上の強電界をかけて金属表面から電子を放出させる電界放出型（F E 型）電子放出素子が冷電子源の一つとして注目されている。

【0 0 0 3】

F E 型の冷電子源が実用化されれば、薄型の自発光画像表示装置が可能となり、消費電力の低減や軽量化にも貢献する。

【0 0 0 4】

縦型 F E 型の例としては、図 1 3 に示すようにエミッター 1 3 5 が基板 1 3 1 から略鉛直方向に円錐あるいは四角錐の形状をなしたものの、例えば C. A. Spindt, "Physical Properties of thin-film field emission cathodes with molybdenum cones", J. Appl. Phys., 47, 5248 (1976) 等の開示されたもの（以下スピント型）が知られている。

【0 0 0 5】

一方、横形 F E の構造を図 1 4 に示す。なお、図中、1 4 1 は基板、1 4 2 はエミッター電極、1 4 3 は絶縁層、1 4 5 はエミッター、1 4 6 はアノード、1 4 7 はアノードに照射される電子ビームの形状をあらわしている。先端が先鋭化されたエミッター 1 4 5 と、エミッター先端から電子を引き出すゲート電極 1 4

4 とが基板上に平行に配置され、ゲート電極とエミッター電極とが配置された基板の上方にコレクタ（アノード電極）が構成される（USP 4 7 2 8 8 5 1、USP 4 9 0 4 8 9 5 など参照）。

【 0 0 0 6 】

繊維状カーボンを用いた電子放出素子の例としては、特開平 8 - 1 1 5 6 5 2 号公報に、有機化合物ガスを用いて微細な触媒金属上で熱分解を行い、繊維状カーボンを、微細な間隙に堆積させた構成が開示されている。

【 0 0 0 7 】

また、カーボンナノチューブに対する導電層としては、特開平 1 1 - 1 9 4 1 3 4 号公報およびヨーロッパ特許 EP 0 9 1 3 5 0 8 A 2 号公報にチタン（Ti）、ジルコニウム（Zr）、ニオブ（Nb）、タンタル（Ta）、モリブデン（Mo）の金属層が示されている。また特開平 1 1 - 1 3 9 8 1 5 では導伝性基体として Si が示されている。

【 0 0 0 8 】

従来技術に係る電子放出素子のビーム形状について図 1 3、1 4 を用いて説明する。

【 0 0 0 9 】

上述した従来技術に係るスピント型の電子放出素子を示す図 1 3 において、1 3 1 は基板、1 3 2 はエミッター電極、1 3 3 は絶縁層、1 3 4 はゲート、1 3 5 はエミッター電極 1 3 2 に接続されたエミッターである。エミッター 1 3 5 とゲート 1 3 4 間に V_f を印加すると、エミッター 1 3 5 の突起先端の電界が高まり、電子がコーン先端近傍から真空中に取り出される。

【 0 0 1 0 】

エミッター先端の電界はエミッター先端の形状に沿うように、ある有限の面積を持って形成されるため、取り出される電子はエミッター先端の有限の面積から電位に対して、鉛直方向に引き出される。

【 0 0 1 1 】

この時、様々な角度を持つ電子も放出される。その結果、大きな角度成分を持つ電子は結果的にゲート 1 3 4 に形成された孔内周面の方向に引き出される。

【 0 0 1 2 】

その結果、円形の孔が形成されている場合に、図中アノード 1 3 6 上に得られる電子分布は、ほぼ円形のビーム形状 1 3 7 が得られる。つまり得られるビームの形状は引き出すゲートの形状及びエミッターとの距離に密接に関係していることを示している。

【 0 0 1 3 】

電子の引出し方向をそろえた従来技術として図 1 4 に示すような横型 F E の構成がある。

【 0 0 1 4 】

図 1 4 において、1 4 1 は基板、1 4 2 はエミッター電極、1 4 3 は絶縁層、1 4 4 はゲート、1 4 5 はエミッターで、また、アノード 1 4 6 がエミッターおよびゲートが設置されている基板と対向した基板上に設けられている。

【 0 0 1 5 】

このように構成される横型 F E の構成の場合には、エミッター 1 4 5 から放出された電子の一部は真空中に取り出される（放出される）が、残りはゲート 1 4 4 に取り込まれる。

【 0 0 1 6 】

図 1 4 に示す構成の場合には、アノード 1 4 6 に向かう電界ベクトルの方向に対して、電子放出を行う電界ベクトル（エミッター 1 4 5 からゲート 1 4 4 に向かう電界）が異なる方位を持つ。その結果、電子分布（電子ビームスポット）が大きくなる。

【 0 0 1 7 】

【発明が解決しようとする課題】

上記のような従来技術の場合には、下記のような問題が生じていた。

【 0 0 1 8 】

前述のスピント型はゲートが基板と積層されて構成されることで、大きなゲート容量と多数のエミッターとの間に寄生容量が形成されていた。さらに駆動電圧が数十ボルトと高く、その構成上、容量性の消費電力が大きい欠点があった。また、陽極（アノード）でのビーム形状は広がってしまうという問題があった。

【 0 0 1 9 】

前述の横型 F E では、素子の持つ容量を低減できる利点はあるものの、エミッターとゲートとの距離が遠いために駆動に数百ボルトを必要とするため、駆動装置が大きくなる欠点があった。また、陽極（アノード）でのビーム形状は広がってしまうという問題があった。

【 0 0 2 0 】

上記スピント型および横型の F E 型電子放出素子に対してビーム収束手段を設けることも考えられるが、作製方法の複雑さや、素子面積の増加、電子放出効率の低下等の問題がある。

【 0 0 2 1 】

本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、素子容量および駆動電圧の低減と電子放出効率の向上を図るとともに、高精細なビームを長期に渡って安定に得ることができる電子放出素子および電子源および画像形成装置を提供することにある。

【 0 0 2 2 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明の電子放出素子にあっては、

絶縁性の基板上に、間隙を挟んで対向するように形成される引出し電極及び陰極電極と、

前記陰極電極上に形成された、T i の酸化物、Z r の酸化物またはN b の酸化物をその表面に有する第 1 の層と、

前記第 1 の層の、前記引出し電極側の側壁面上に設けられた触媒粒子を介して成長した繊維状カーボンと、を有することを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本発明の構成により、放出される電子ビームのスポット径が小さく、電子放出効率に優れ、耐久性も良い。また、容量成分が少なく、安定性に優れる。

【 0 0 2 4 】

前記第 1 の層は、前記引出し電極側の側壁面のみが露出され、他の表面は前記第 1 の層に比べて繊維状カーボンが成長しない材料で覆われているとよい。

【0025】

前記第1の層に比べて繊維状カーボンが成長しない材料は、Ta, Cr, Au, Ag, Pt 及び前記触媒粒子を構成する材料と同一種類の材料のうちの少なくともいずれか一つであるとよい。

【0026】

前記繊維状カーボンは、グラファイトナノファイバー、カーボンナノチューブ、アモルファスカーボンもしくはこれらの混合物からなるとよい。

【0027】

前記繊維状カーボンは、グラフェンを有するとよい。

【0028】

前記繊維状カーボンは、複数のグラフェンを有するとよい。

【0029】

前記複数のグラフェンは、前記繊維状カーボンの軸方向に積層されてなるとよい。

【0030】

前記触媒粒子は、Pd, Ni, Fe, Coあるいはこれらの合金からなるとよい。

【0031】

前記繊維状カーボンによる電子放出位置が、前記引出し電極の表面の位置よりも、前記基板の表面から離れているとよい。

【0032】

前記引出し電極及び陰極電極は、略平面状の前記基板表面上に形成されると共に、前記陰極電極の厚みが、引出し電極の厚みよりも厚いとよい。

【0033】

前記基板は、前記陰極電極が形成される領域の厚みが、前記引出し電極が形成される領域の厚みよりも厚いとよい。

【0034】

前記第1の層は、前記陰極電極上から、前記基板の表面上であって前記引出し電極及び陰極電極との間隙内にまで形成されるとよい。

【 0 0 3 5 】

また、本発明の電子源にあっては、
上記の電子放出素子を複数個配列したことを特徴とする。

【 0 0 3 6 】

本発明の構成によれば、高速応答性及び低消費電力を実現できる。

【 0 0 3 7 】

前記複数の電子放出素子を、マトリクス状の配線にそれぞれ電氣的に接続するとよい。

【 0 0 3 8 】

また、本発明の画像形成装置にあっては、
上記の電子源に対向する位置に、放出された電子の衝突によって画像を形成する画像形成部材を設けたことを特徴とする。

【 0 0 3 9 】

本発明の構成によれば、高速応答性及び低消費電力に加え、高輝度で高精細な画像を長期にわたり提供できる。

【 0 0 4 0 】

また、本発明の電子放出素子にあっては、
基板表面上に、間隙を挟んで対向するように配置された第 1 の電極及び第 2 の電極と、

前記第 1 の電極に電氣的に接続された炭素を主成分とする複数のファイバーとを有する電子放出素子であって、

前記ファイバーは、前記第 2 の電極に対向する前記第 1 の電極の面上に、配置されることを特徴とする。

【 0 0 4 1 】

本発明の構成により、放出される電子ビームのスポット径が小さく、電子放出効率に優れ、耐久性も良い。また、容量成分が少なく、安定性に優れる。

【 0 0 4 2 】

前記炭素を主成分とするファイバーの各々は、グラフェンを有するとよい。

【 0 0 4 3 】

前記炭素を主成分とするファイバーの各々は、複数のグラフェンを有するとよい。

【 0 0 4 4 】

前記複数のグラフェンは、前記炭素を主成分とするファイバーの軸方向に積層されてなるとよい。

【 0 0 4 5 】

前記第 2 の電極と前記第 1 の電極間に、前記第 2 の電極の電位が高いように電圧を印加することにより、電子を放出するとよい。

【 0 0 4 6 】

前記基板表面から前記ファイバーまでの高さが、前記基板表面から前記第 2 の電極表面までの高さよりも高いとよい。

【 0 0 4 7 】

前記第 1 の電極の厚みが、前記第 2 の電極の厚みよりも厚いとよい。

【 0 0 4 8 】

前記第 1 の電極と前記ファイバーとの間に第 1 の層が配置されており、当該第 1 の層が、その表面に、T i 酸化物、Z r 酸化物または、N b 酸化物を有するとよい。

【 0 0 4 9 】

前記炭素を主成分とするファイバーは、前記第 1 の層上に配置された触媒材料を介して成長したものであるとよい。

【 0 0 5 0 】

前記触媒材料は、P d , N i , F e , C o 、あるいはこれらの合金のいずれかであるとよい。

【 0 0 5 1 】

前記第 1 の層は、導電性であるとよい。

【 0 0 5 2 】

前記第 1 の層は、前記第 2 の電極に対向する面以外を第 2 の層で覆われており、当該第 2 の層は、前記第 1 の層に比べて炭素を主成分とするファイバーの成長が実質的に行われない材料からなるとよい。

【 0 0 5 3 】

前記第 1 の層は、前記第 2 の電極に対向する面以外を第 2 の層で覆われており、当該第 2 の層は、T a , C r , A u , A g , P t および触媒材料と同一種類の材料からなるとよい。

【 0 0 5 4 】

また、本発明の電子源にあっては、

上記の電子放出素子を複数配列したことを特徴とする。

【 0 0 5 5 】

本発明の構成によれば、高速応答性及び低消費電力を実現できる。

【 0 0 5 6 】

また、本発明の画像形成装置にあっては、

上記の電子源と、蛍光体とを有することを特徴とする。

【 0 0 5 7 】

本発明の構成によれば、高速応答性及び低消費電力に加え、高輝度で高精細な画像を長期にわたり提供できる。

【 0 0 5 8 】

【発明の実施の形態】

以下に図面を参照して、この発明の好適な実施の形態を例示的に詳しく説明する。ただし、この実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは、特に特定の記載がない限りは、この発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

【 0 0 5 9 】

(第 1 の実施の形態)

本発明者は、触媒を用いて微小（数 n m オーダー）な核（触媒粒子）を形成し、熱分解により上記核から成長した繊維状カーボンと、安定な電氣的接合を形成する材料について、検討した。

【 0 0 6 0 】

その結果、繊維状カーボンが触媒を介して成長し、かつ電氣的な結合が得られる材料としては、T i , Z r もしくは N b の中から選択された材料であって、そ

の一部分（繊維状カーボンあるいは触媒と接する界面）が酸化したもの、または Ti, Zr もしくは Nb の中から選択された材料の酸化物半導体が好適であることを見出した。

【 0 0 6 1 】

そして、また、詳細な検討の結果、Ti, Zr もしくは Nb の中から選ばれた材料の酸化物上に触媒粒子（特に好ましくは Pd 粒子）を配置した部材を用いることで、再現性よく、上記触媒粒子を配置した位置に繊維状カーボンを生成することができることを見出した。

【 0 0 6 2 】

また同時に、繊維状カーボンが成長しない、もしくは成長が遅い材料は Ta, Cr, Au, Ag, Pt および触媒材料と同一種類の材料であることを見出した。

【 0 0 6 3 】

これらの材料に対する繊維状カーボンの成長は、積層構成においても成り立つ。例えば、基板上に Cr を全面に形成し、さらに Cr の上に酸化チタンの微小領域を形成し、基板全面に酸化パラジウムを被覆した基板を用いると、繊維状カーボンが酸化チタンの上だけに選択成長した。

【 0 0 6 4 】

そこで、上述した、再現性よく、所望の位置に繊維状カーボンを形成する技術を用いた、本発明の実施の形態に係る繊維状カーボンを用いた電子放出素子、電子源および画像形成装置について以下に、従来例と比較しながら述べる。

【 0 0 6 5 】

まず、本願発明者らは、高精細な電子ビームの形成方法についても検討を行った。以下に、高精細ビームの形成方法について述べる。

【 0 0 6 6 】

一般に、FE素子の動作電圧 V_f は、ポアソン方程式によって導かれるエミッター先端部の電界と、その電界とエミッター部の仕事関数をパラメーターとして Fowler-Nordheim の式と呼ばれる関係式に従って求められる電子放出電流の電流密度によって決定される。

【0067】

また、電子放出に必要な電界は、エミッター先端とゲート電極間の距離 d が小さいほど、またエミッター先端の半径 r が小さいほど得られる電界が大きくなる。

【0068】

一方、陽極上で得られる電子ビームにおける X 方向の最大の大きさ X_d (例えば図 13 における円形ビーム形状 137 の中心からの最大到達距離) は、単純な計算では、 $\sqrt{(V_f / V_a)}$ に比例する形で表される。

【0069】

この関係から明らかなように V_f の増大はビーム径の増大を招く。

【0070】

また、この考察から、 V_f を下げるためには極力距離 d 及び曲率 r を小さくしなければならない。

【0071】

従来構成のビーム形状について、図 13 及び図 14 を用いて説明する。なお、図中、共通の番号として 131, 141 は基板、132, 142 はエミッター電極、133, 143 は絶縁層、135, 145 はエミッター、136, 146 はアノード、137, 147 はアノードに照射される電子ビームの形状をあらわしている。

【0072】

前述したスピント型の場合は図 13 に示すように、エミッター 135 とゲート 134 間に V_f を印加すると、エミッター 135 の突起先端の電界が高まり、電子がコーン状のエミッター先端近傍から真空中に取り出される。

【0073】

エミッター 135 先端の電界は、エミッター 135 先端の形状に沿うように、ある有限の面積を持って形成されるため、取り出される電子はエミッター 135 先端の有限の面積から電位に対して、鉛直方向に引き出される。

【0074】

この時、様々な角度を持つ電子が放出されるが、大きな角度成分を持つ電子は

ゲートの方向に引き出されることになる。円形のゲート 134 が形成されている場合には、アノード 136 上に得られる電子分布は、図に示すようにほぼ円形のビーム形状 137 となる。

【0075】

つまり、得られるビームの形状は引き出すゲートの形状及びエミッターとの距離に密接に関係している。

【0076】

電子の引出し方向をそろえた横型 FE（図 14）の場合には、エミッター 145 とゲート 144 との間に、基板 141 表面に実質的に平行な非常に強い電界（横方向電界）が生じ、その結果、エミッター 145 から放出された電子はゲート 144 上において、一部の電子 149 は真空中に取り出され残りの電子はゲート電極 144 に取り込まれる。

【0077】

この図 14 に示す構成の場合には、アノード（アノード電極）146 に向かう電界ベクトルの方向に対して、電子放出を行う電界ベクトル（エミッター 145 からゲート 144 に向かう電界）が異なる方位を持つ。そのため、放出された電子がアノード 146 上で形成する電子分布（ビームスポット）が大きくなる。

【0078】

ここで、さらに電子がエミッター 145 から引き出される電界（ここでは便宜的に、「横方向電界」と呼び、エミッター形状による電界の増強効果は無視する）とアノードに向かう電界（ここでは「縦方向電界」と呼ぶ）について考える。

【0079】

尚、上記「横方向電界」は、図 13 および図 14 の構成において、「基板 131（141）の表面と実質的に平行な方向における電界」と言う事も出来る。また、特に図 14 の構成においては「ゲート 144 とエミッター 145 とが対向する方向における電界」とも言う事が出来る。

【0080】

また、上記「縦方向電界」とは、図 13 および図 14 の構成において、「基板 131（141）の表面と実質的に垂直な方向における電界」、あるいは「基板

131 (141) とアノード 136 (146) とが対向する方向における電界」と言う事も出来る。

【0081】

前述したように、エミッター 145 から放出された電子は最初、横方向電界によって引き出され、ゲート 144 方向に向かった後に、縦方向電界によって引き上げられアノード 146 に到達する。

【0082】

このとき横方向電界と縦方向電界の強度比および電子放出点の相対位置が重要となる。

【0083】

横方向電界が、縦方向電界と比較して桁が異なる程度に強い場合には、エミッターから取り出された電子のほとんどは、横方向電界によって形成される放射状電位によって次第に軌道を曲げられ、ゲートに向かう軌道をとる。ゲートに衝突した電子の一部は、散乱によって再び放出されるが、放出後、縦方向電界に捉えられるまでは、何度も楕円に似た軌道を描いてゲート上を広がりながら、同時に放出される電子の数を減じながら散乱を繰り返す。そして、散乱した電子が、ゲート電位の作る等電位線を越えると（これを「淀み点」と呼ぶことがある）、ここで初めて縦方向電界によって引き上げられるようになる。

【0084】

横方向電界と縦方向電界が同程度の場合には、取り出された電子は、やはり放射状電位によって軌道が曲げられるものの、電界による束縛がゆるくなり、ゲート 144 に衝突することなしに縦方向電界に捉えられる電子軌道が出現する。

【0085】

この横方向電界と縦方向電界が同程度の時、エミッター 145 からの電子の放出点位置を、ゲート 144 の属する平面からアノード 146 の属する平面側に次第に持ち上げる（図 6 参照）と、放出された電子は全くゲート 144 に衝突せずに、縦方向電界に捉えられる軌道を描くことが可能であることが分かった。

【0086】

また、この電界比の検討を行った結果、ゲート電極 144 とエミッター電極 1

45の先端との間隔を d 、素子を駆動したときの電位差（ゲート電極とエミッター電極との電位差）を V_1 、陽極（アノード）と基板（素子）との距離を H 、陽極（アノード）と陰極（エミッター電極）との電位差を V_2 とした時、横方向電界が縦方向電界の50倍以上大きくなると、取り出された電子がゲートに衝突する軌道が描かれることを見出した。

【0087】

また、本発明者は、ゲート電極2上での散乱を実質的に生じない高さ s （ゲート電極2表面の一部を含み、基板1表面と実質的に平行な平面と、電子放出部材（繊維状カーボン4）の表面を含み、基板1表面と実質的に平行な平面との距離で定義される（図6参照））が存在することを見出した。上記高さ s は、縦方向電界と横方向電界との比（縦方向電界強度／横方向電界強度）に依存し、縦－横方向電界比が低いほど、その高さが低く、横方向電界が大きいほど高さが必要である。

【0088】

実用的な製造上の範囲としては、その高さ s は10nm以上10 μ m以下である。

【0089】

図14に示した従来の構成では、ゲート144とエミッター（142, 145）とが同一平面上に、同じ高さで構成されているだけでなく、横方向電界が縦方向電界と比較して一桁以上強いため、ゲートに衝突することに起因して、真空中に取り出される電子の量が減少する傾向が強かった。

【0090】

さらに、従来の構成では横方向の電界強度を強めることを目的として、ゲート電極の厚さや幅、および、ゲート、エミッター、アノードの相対位置が決められていたため、アノードに得られる電子分布は広がっていた。

【0091】

前述したように、アノード146に到達する電子の分布を小さくするには、1）駆動電圧（ V_f ）を下げる、2）電子の引出し方向を揃える、3）電子の軌道、さらに、ゲートでの散乱がある場合には4）電子の散乱機構（特に弾性散乱）

を考慮しなければならない。

【0092】

そこで、本発明の実施の形態に係る繊維状カーボンを用いた電子放出素子においては、アノード電極上に照射される電子分布の微細化と、電子放出効率の向上（ゲート電極に吸収される放出電子の低減）との両立を実現するものである。

【0093】

以下、本発明の実施の形態に係る電子放出素子の構成について、図面を参照して更に詳しく説明する。

【0094】

図1は本発明の電子放出素子の一例を表す模式図であり、図1（A）はその平面図であり、図1（B）は、図1（A）中A-A断面図である。図6は本発明の電子放出素子の上方にアノード電極を配置した本発明の電子放出装置を駆動している時の様子を示す模式断面図である。

【0095】

図1、図6において、1は絶縁性の基板、2は引出し電極（「ゲート電極」あるいは「第2電極」とも言う）、3は陰極電極（「第1電極」あるいは「カソード電極」とも言う）、4はエミッター材料（「電子放出材料」あるいは「電子放出部材」とも言う）である繊維状カーボン、5は繊維状カーボンを選択成長させるための第1の層であり、前述した、Ti、Zr、もしくはNbの中から選ばれた材料の酸化物である。電子放出材料を構成する繊維状カーボン4と電極3とは電氣的に接続される。6は第2の層である。

【0096】

本発明の実施の形態において、重要な構造は、陰極電極3と引出し電極2が基板表面上に間隔を置いて配置され、陰極電極3の、引出し電極2に対向する面上に複数の繊維状カーボンが配置されていることにある。換言すると、陰極電極3と引出し電極2との間隙内の前記陰極電極3上に、陰極電極3と引出し電極2が向かい合う方向に伸びた複数の繊維状カーボンが配置される。この様な構成により、より低電界で電子を放出することができる。

【0097】

そして、さらに、本発明の実施の形態において、重要な構造は、不要な電子が放出されないように、上記繊維状カーボンが、引出し電極 2 に対向する面以外には配置されない様にするにある。この様にする事で、アノード電極に照射される電子ビームの広がりや抑制することができる。

【 0 0 9 8 】

図 1 の例においては、繊維状カーボンが形成される領域を制御するために、第 1 の層 5 および第 2 の層 6 を設けている。即ち、第 1 の層 5 は、繊維状カーボン 4 が成長する材料で構成されており、一方、第 2 の層 6 は、第 1 の層 5 に比べて繊維状カーボン 4 が成長しない材料で構成されている。尚、上記第 1 の層および第 2 の層は導電性であることが好ましい。特に第 2 の層は、真空中に露出するため、導電性であることが特に好ましい。また、図 1 のような構成においては、第 1 の層 5 が導電性でないと、陰極電極 3 と繊維状カーボンとの電氣的な接続がとれないので、第 1 の層 5 は導電性である材料を選択することが好ましい。

【 0 0 9 9 】

ここでは、第 2 の層 6 を配置した例を示したが、必ずしもこの層は必要ない。例えば、陰極電極 3 を Ti, Zr, もしくは Nb の中から選ばれた材料から構成し、その表面の中で引出し電極 2 に対向する面のみを酸化する（第 1 の層を配置する）ことによって本発明の電子放出素子を構成することもできる。

【 0 1 0 0 】

また、図 1 に示した形態においては、第 1 の層 5 はその全てを酸化物とする必要はなく、少なくとも、第 1 の層 5 の表面の中で引出し電極 2 に対向する面のみ酸化物としてもよい。この様にすれば、第 2 の層を必ずしも配置する必要はない。また、第 1 の層の厚みが厚い場合においても陰極電極 3 と繊維状カーボンとの電氣的接続性が増す。

【 0 1 0 1 】

また、陰極電極 3 を Ti, Zr, もしくは Nb の中から選ばれた材料から構成し、その表面（引出し電極 2 に対向する面を含む）を酸化し、引出し電極 2 に対向する面（繊維状カーボンを配置する面）以外の表面を、Ti, Zr, もしくは Nb の中から選ばれた材料の酸化物に比べて繊維状カーボンの成長が行われない

材料からなる層（前記第 2 の層）で被覆することによっても本発明の実施の形態に係る電子放出素子を構成することもできる。

【 0 1 0 2 】

本発明の実施の形態に係る電子放出装置においては、図 1，図 6 に示したように、電子放出部材（繊維状カーボン 4）の表面を含み、基板 1 表面と実質的に平行な平面が、ゲート電極 2 表面の一部を含み、基板 1 表面と実質的に平行な平面に対して、基板表面よりも離れた位置に配置されることが好ましい。

【 0 1 0 3 】

換言すると、本発明の電子放出装置においては、電子放出部材（繊維状カーボン 4）の表面の一部を含み、基板 1 表面に実質的に平行な平面が、引出し電極 2 の表面の一部を含み、前記基板表面に実質的に平行な平面と、アノード電極 6 1 との間に配置される。この様な構成とすることで、ゲート電極に吸い込まれる電子の低減と、アノード電極上に照射される電子ビームのスポット径の低減とを実現することができる。

【 0 1 0 4 】

また、さらには、本発明の電子放出素子においては、ゲート電極 2 上での散乱を実質的に生じない、高さ s （ゲート電極 2 表面の一部を含み、基板 1 表面と実質的に平行な平面と、電子放出部材（繊維状カーボン 4）の表面を含み、基板 1 表面と実質的に平行な平面との距離で定義される）に電子放出部材（繊維状カーボン 4）が配置される。

【 0 1 0 5 】

上記 s は、縦方向電界と横方向電界の比（縦方向電界強度／横方向電界強度）に依存し、縦方向電界と横方向電界比が低いほど、その高さが低く、横方向電界が大きいほど高さが必要であるが、実用的な範囲として、高さ s は 10 nm 以上 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 以下である。

【 0 1 0 6 】

この様な構成は、例えば、陰極電極 3 の厚みを引出し電極 2 の厚みよりも厚くすることで簡易に実現することができる。あるいは、また、陰極電極 3 の厚みと引出し電極 2 の厚みをと同等に形成し、陰極電極上に前記第 1 の層を配置するこ

とでも実現することができる。

【0107】

そして、また、本発明の実施の形態に係る電子放出装置においては、図6に示した構成において、陰極電極3とゲート電極2との間隙の距離を d 、電子放出素子を駆動したときの電位差（陰極電極3とゲート電極2間の電圧）を V_f 、アノード電極61と素子が配置された基板1表面との距離を H 、アノード電極61と陰極電極3との電位差を V_a とした時、駆動時の電界（横方向電界）： $E_1 = V_f / d$ は、アノードーカソード間の電界（縦方向電界）： $E_2 = V_a / H$ の1倍以上50倍以下に設定される。

【0108】

このようにすることにより、陰極電極3側から放出された電子がゲート電極2に衝突する割合をほぼ無くすることができる。その結果、放出された電子ビームの広がり極めて少なく、高効率な、電子放出素子および電子放出装置が得られる。

【0109】

尚、本実施の形態で言う「横方向電界」は、「基板1の表面と実質的に平行な方向における電界」と言う事が出来る。あるいは、また、「ゲート2とカソード電極3とが対向する方向における電界」とも言う事が出来る。また、本実施の形態で言う「縦方向電界」とは、「基板1の表面と実質的に垂直な方向における電界」、あるいは「基板1とアノード電極61とが対向する方向における電界」と言う事も出来る。

【0110】

絶縁性の基板1としては、その表面を十分に洗浄した、石英ガラス、Na等の不純物含有量を減少させてKなどに一部置換したガラス、青板ガラス及びシリコン基板等にスパッタ法等により SiO_2 を積層した積層体、アルミナ等のセラミックスの絶縁性基板等を用いることができる。

【0111】

引出し電極2および陰極電極3は導電性を有しており、蒸着法やスパッタ法等の一般的真空成膜技術、あるいはフォトリソグラフィ技術により形成される。

【 0 1 1 2 】

引出し電極 2 および陰極電極 3 の材料としては、例えば、炭素、金属、金属の窒化物、金属の炭化物、金属のホウ化物、半導体、半導体の金属化合物から適宜選択される。

【 0 1 1 3 】

また、引出し電極 2 および陰極電極 3 の厚さとしては、数十 nm から数十 μ m の範囲で設定される。好ましくは炭素、金属、金属の窒化物、金属の炭化物の耐熱性材料が望ましい。

【 0 1 1 4 】

なお、この電極の厚さが薄いために電位降下などが心配される時、あるいはマトリクス配列でこの素子を用いる場合には、必要に応じて低抵抗の配線用金属材料が電子放出に関与しない部分で用いられることがある。

【 0 1 1 5 】

引出し電極 2 と陰極電極 3 の間隔（間隙の幅）と駆動電圧は、用いる陰極材料の電子放出電界（横方向電界）と画像形成に必要な縦方向電界との電界を比較した時に、電子放出電界が縦方向電界よりも 1 倍から 5 0 倍程度の値になるように設計することが好ましい。

【 0 1 1 6 】

本発明の実施の形態において、エミッター（電子放出部材）は、繊維状カーボン 4 から構成される。

【 0 1 1 7 】

また、繊維状カーボンは、触媒を用いて微小な核を形成し、熱分解により核から成長したものが良い。

【 0 1 1 8 】

ここで、「繊維状カーボン」とは、「炭素を主成分とする柱状物質」あるいは、「炭素を主成分とする線状物質」ということもできる。また、「繊維状カーボン」とは、「炭素を主成分とするファイバー」ということもできる。そして、また、本発明の実施の形態における「繊維状カーボン」とは、より具体的には、カーボンナノチューブ、グラファイトナノファイバー、アモルファスカーボンファ

イバーを含む。そして、中でも、グラファイトナノファイバーが電子放出部材として最も好ましい。

【 0 1 1 9 】

引出し電極 2 と陰極電極 3 の間隔および駆動電圧については、前述したとおり、用いる陰極材料の電子放出電界（横方向電界）と画像形成に必要な縦方向電界との電界を比較した時に、電子放出電界が縦方向電界よりも 1 倍から 5 0 倍程度の値になるように設計することが好ましい。

【 0 1 2 0 】

陽極（アノード電極）上に蛍光体などの発光体を配置する場合は、必要な縦方向電界は $10^{-1} \text{V} / \mu\text{m}$ 以上 $10 \text{V} / \mu\text{m}$ 以下の範囲が好ましい。例えば、陽極（アノード電極）と陰極電極との間隔を 2 mm とし、その間隔に 10 KV を印加する場合、この時の縦方向電界は $5 \text{V} / \mu\text{m}$ となる。この場合、用いるべきエミッター材料（電子放出部材）の電子放出電界は $5 \text{V} / \mu\text{m}$ よりも大きな電子放出電界を持つ材料であり、選択した電子放出電界に相当するように、その間隔と、駆動電圧を決めればよい。

【 0 1 2 1 】

このような数 $\text{V} / \mu\text{m}$ の閾値電界を持つ材料として、上述の繊維状カーボンが好適となる。

【 0 1 2 2 】

図 1 1, 図 1 2 に本発明に好適な繊維状カーボンの形態の一例を示す。各図では一番左側に光学顕微鏡レベル（ ~ 1000 倍）で見える形態、中央は走査電子顕微鏡（SEM）レベル（ ~ 3 万倍）で見える形態、右側は透過電子顕微鏡（TEM）レベル（ ~ 100 万倍）で見えるカーボンの形態を模式的に示している。

【 0 1 2 3 】

図 1 1 に示すようにグラフェンが円筒形状（円筒形が多重構造になっているものはマルチウォールナノチューブと呼ばれる）の形態をとるものはカーボンナノチューブと呼ばれ、特にチューブ先端を開放させた構造の時に、最もその閾値が下がる。

【 0 1 2 4 】

あるいは、比較的低温で生成される繊維状カーボンを図12に示す。この形態の繊維状カーボンは、グラフェンの積層体（このため「グラファイトナノファイバー」と呼ばれることがあるが、温度によりアモルファス構造の割合が増加する）で構成されている。より具体的には、グラファイトナノファイバーは、その長手方向（ファイバーの軸方向）にグラフェンが積層されたファイバー状の物質を指す。また、換言すると、図12に示す様に、複数のグラフェンが、ファイバーの軸に対して非平行に配置され、積層されたファイバー状の物質である。

【0125】

一方のカーボンナノチューブは、その長手方向（ファイバーの軸方向）を囲むよう（円筒形状）にグラフェンが配置されているファイバー状の物質である。換言すると、グラフェンがファイバーの軸に対して実質的に平行に配置されるファイバー状の物質である。

【0126】

尚、グラファイトの1枚面を「グラフェン」あるいは「グラフェンシート」と呼ぶ。より具体的には、グラファイトは、炭素原子が sp^2 混成により共有結合でできた正六角形を敷き詰める様に配置された炭素平面が、3.354 Åの距離を保って積層してできたものである。この一枚一枚の炭素平面を「グラフェン」あるいは「グラフェンシート」と呼ぶ。

【0127】

いずれの繊維状カーボンも電子放出の閾値が1～10 V/ μ m程度であり、本発明のエミッター（電子放出部材）の材料として非常に好適である。

【0128】

特に、グラファイトナノファイバーを用いた電子放出素子では、図1などに示した本発明の実施の形態の素子構造に限らず、低電界で電子放出を起こすことができ、大きな放出電流を得ることができ、簡易に製造ができ、安定な電子放出特性をもつ電子放出素子を得ることが出来る。

【0129】

例えば、グラファイトナノファイバーをエミッターとし、このエミッターからの電子放出を制御する電極を用意することで電子放出素子とすることができ、さ

らに、グラファイトナノファイバーから放出された電子の照射により発光する発光体を用いればランプなどの発光装置を形成することができる。

【 0 1 3 0 】

また、さらには、上記グラファイトナノファイバーを用いた電子放出素子を複数配列すると共に、蛍光体などの発光体を有するアノード電極を用意することでディスプレイなどの画像表示装置をも構成することができる。

【 0 1 3 1 】

グラファイトナノファイバーを用いた電子放出装置や発光装置や画像表示装置においては、内部を従来の電子放出素子のように超高真空に保持しなくても安定な電子放出をすることができ、また、低電界で高い電子放出量を確保できるため、信頼性の高い装置を非常に簡易に製造することができる。

【 0 1 3 2 】

上記した繊維状カーボンは、触媒（炭素の堆積を促進する材料）を用いて炭化水素ガスを分解して形成することができる。カーボンナノチューブとグラファイトナノファイバーは触媒の種類、及び分解の温度によって異なる。

【 0 1 3 3 】

前記触媒材料としてはFe、Co、Pd、Ni、もしくはこれらの中から選択された材料の合金（特にはPdとCoの合金が好ましい）が繊維状カーボン形成用の核として用いることが出来る。

【 0 1 3 4 】

特に、Pdにおいては低温（400℃以上の温度）でグラファイトナノファイバーを生成することが可能である。一方、FeまたはCoを触媒として用いた場合、カーボンナノチューブの生成温度は800℃以上必要である。Pdを用いてのグラファイトナノファイバー材料の作成は、低温で可能なため、他の部材への影響や、製造コストの観点からも好ましい。

【 0 1 3 5 】

さらにPdにおいては、酸化物が水素により低温（室温）で還元される特性を用いて、核形成材料として酸化パラジウムを用いることが可能である。

【 0 1 3 6 】

酸化パラジウムの水素還元処理を行うと、一般的な核形成技法として従来から使用されている金属薄膜の熱凝集や、爆発の危険を伴う超微粒子の生成と蒸着を用いずとも、比較的低温（200℃以下）で初期凝集核の形成が可能となった。

【0137】

前述の炭化水素ガスとしては、例えば、エチレン、メタン、プロパン、プロピレンなどの炭化水素ガス、あるいはエタノールやアセトンなどの有機溶剤の蒸気を用いることができる。

【0138】

尚、繊維状カーボンの原料としては、前述の炭化水素ガスだけでなく、CO、CO₂などの原料も用いることが出来る。

【0139】

繊維状カーボン4が成長する第1の層5の材料としては、前述した、Tiとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはTiの酸化物半導体、または、Zrとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはZrの酸化物半導体、または、Nbとその一部分が酸化した酸化物の混合物、もしくはNbの酸化物半導体を用いる。上記Tiの酸化物、Zrの酸化物またはNbの酸化物は、第1の層5の表面のうち、繊維状カーボン4が配置される面に少なくとも配置される。

【0140】

これらTi、Zr、Nbの化学量論的な酸化物は絶縁体であるが、弱い酸化、あるいは低級の酸化物は、内部に多くの欠陥を保有し、酸素欠損型等の半導体を形成する。

【0141】

第1の層5および第1の層5上に配置する触媒粒子の製造方法としては、例えば、Ti、ZrあるいはNbの層上にPdを300℃程度の温度で数十分程度焼成して酸化パラジウムを形成すると同時に、Ti、Zr、Nbの層も酸化する方法がある。

【0142】

しかし、この程度の焼成温度と時間では、Ti、ZrあるいはNbの層の厚さにもよるが、層全体は酸化せず、表面だけが酸化し、かつ前述したように半導体

的な性質もあることから、結果、形成した第 1 の層 5 には導電性を確保することができる。

【 0 1 4 3 】

第 2 の層 6 は、触媒粒子をその上に配置しても、第 1 の層 5 に比べて繊維状カーボンの成長は実質的に行われぬ材料で構成する。そのような材料としては、前述した Ta, Cr, Au, Ag, Pt あるいは、触媒材料と同一種類の材料を用いる。

【 0 1 4 4 】

そして、第 1 の層 5 の引出し電極 2 側の側面を除いた領域を第 2 の層 6 で覆う。

【 0 1 4 5 】

その結果、第 1 の層 5 においては、引出し電極 2 側の側壁のみが露呈するので、後の繊維状カーボン成長工程で引出し電極 2 側の側壁のみに繊維状カーボン 4 が成長する。

【 0 1 4 6 】

仮に、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しない第 2 の層 6 が無い場合には、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する導電層である第 1 の層 5 の全面に繊維状カーボンが成長する。この場合に、ゲートに近接しない繊維状カーボンは、僅かではあるが電子の放出に関与し、ビーム形状や均一性を乱す場合がある。

【 0 1 4 7 】

これに対して、本実施の形態に係る電子放出素子においては、引出し電極 2 側の側壁以外の側壁には繊維状カーボンは存在しない構成とすることができるため、ビーム形状や均一性の乱れを防止できることが可能となる。

【 0 1 4 8 】

次に、エミッター領域における電子放出点位置とその動作について図 6 及び図 7 を用いて説明する。

【 0 1 4 9 】

数 μm のギャップ（間隙）の長さを持つ本素子を、図 6 に示すような真空装置

60に設置し、真空排気装置65によって 10^{-4} Pa程度に到達するまで十分に排気した。そして、高電圧電源を用いて、基板から数ミリの高さHの位置に陽極（以下、アノードと称する）61を設け、数キロボルトからなる高電圧 V_a を印加した。

【0150】

なお、アノード61には導電性フィルムを被覆した蛍光体62が設置されている。

【0151】

電極2と電極3間に印加する駆動電圧 V_f として、数十V程度からなるパルス電圧を印加して、流れる素子電流 I_f と電子放出電流 I_e を計測した。尚、当然ではあるが、駆動電圧 V_f は、陰極電極3よりもゲート電極2に印加する電位の方が高い。

【0152】

この時、等電位線63は図のように形成され、最も電界の集中する部分は、電子放出材料である繊維状カーボン4の最もアノード61側であって、かつギャップ（間隙）の内側の点64で示す部分である。

【0153】

この電界集中点64の近傍に位置する電子放出材料の中で最も電界集中する場所から電子が放出され则认为られる。

【0154】

素子の I_e 特性は図7に示すような特性であった。すなわち印加電圧の約半分から I_e が急激に立ち上がり、不図示の I_f は I_e の特性に類似していたが、その値は I_e と比較して十分に小さな値であった。

【0155】

以下、この原理に基づき、本発明の実施の形態に係る電子放出素子を複数配して得られる電子源及び画像形成装置について、図8～図10を用いて説明する。

【0156】

図8は本発明の実施の形態に係る電子源の模式的平面図であり、図9は本発明の実施の形態に係る画像形成装置の一部破断斜視図であり、図10は本発明の実

施の形態に係る画像形成装置のブロック図である。

【0157】

図8において、81は電子源基体、82はX方向配線、83はY方向配線である。また、84は本発明の実施の形態に係る電子放出素子、85は結線である。

【0158】

ここで、電子放出素子84を複数配置したことに伴う素子の容量が増大すると、図8に示すマトリクス配線においては、パルス幅変調に伴う短いパルスを加えても容量成分により波形がなまり、期待した階調が取れないなどの問題が生じる。

【0159】

これを解消するためには、電子放出部のすぐ脇に、例えば、図9に示すように層間絶縁層（リアプレート91）を配して、電子放出部以外での容量成分の増加を低減する構造を採用すると良い。

【0160】

図8において、m本のX方向配線82は DX_1 、 DX_2 、 \dots 、 DX_m からなり、蒸着法にて形成された厚さ約 $1\mu m$ 、幅 $300\mu m$ のアルミニウム系配線材料で構成されている。ただし、配線の材料、膜厚、巾は、適宜設計される。

【0161】

一方、Y方向配線83は厚さ $0.5\mu m$ 、幅 $100\mu m$ の、 DY_1 、 DY_2 、 \dots 、 DY_n のn本の配線よりなり、X方向配線82と同様に形成される。

【0162】

これらm本のX方向配線82とn本のY方向配線83との間には、不図示の層間絶縁層が設けられており、両者を電氣的に分離している（m、nは、共に正の整数である）。

【0163】

不図示の層間絶縁層は、スパッタ法等を用いて厚さ約 $0.8\mu m$ の SiO_2 で構成される。

【0164】

X方向配線82を形成した基体81の全面或は一部に所望の形状で形成され、

特に、X方向配線82とY方向配線83の交差部の電位差に耐え得るように、本実施の形態では1素子当たりの素使容量が1 p F以下、素子耐圧30 Vになるように層間絶縁層の厚さを決めた。なお、X方向配線82とY方向配線83は、それぞれ外部端子として引き出されている。

【0165】

本発明の実施の形態に係る電子放出素子84を構成する一対の電極（不図示）は、m本のX方向配線82とn本のY方向配線83と導電性金属等からなる結線85によって電氣的に接続されている。

【0166】

X方向配線82には、X方向に配列した本発明の実施の形態に係る電子放出素子84の行を選択するための走査信号を印加する不図示の走査信号印加手段が接続される。

【0167】

一方、Y方向配線83には、Y方向に配列した本発明の実施の形態に係る電子放出素子84の各列を、入力信号に応じて変調するための不図示の変調信号発生手段が接続される。

【0168】

各電子放出素子に印加される駆動電圧は、当該素子に印加される走査信号と変調信号の差電圧として供給される。本発明の実施の形態においては、Y方向配線は高電位、X方向配線は低電位になるように接続した。このように接続することで、本発明の実施の形態の特徴となるビームの収束効果が得られた。

【0169】

上記構成においては、単純なマトリクス配線を用いて個別の素子を選択し、独立に駆動可能とすることができる。

【0170】

このような単純マトリクス配置の電子源を用いて構成した画像形成装置について、図9を用いて説明する。図9は、ガラス基板材料としてソーダライムガラスを用いた画像形成装置の表示パネルを示している。

【0171】

図 9 において、8 1 は電子放出素子を複数配した電子源基体、9 1 は電子源基体 8 1 を固定したリアプレート、9 6 はガラス基体 9 3 の内面に蛍光膜 9 4 とメタルバック 9 5 等が形成されたフェースプレートである。また、9 2 は支持枠であり、この支持枠 9 2 には、リアプレート 9 1、フェースプレート 9 6 がフリットガラス等を用いて接続されている。9 7 は外囲器であり、真空中で、4 5 0 度の温度範囲で 1 0 分焼成することで、封着して構成される。

【 0 1 7 2 】

8 4 は電子放出部であり、8 2、8 3 は、本発明の実施の形態に係る電子放出素子の一对の素子電極と接続された、それぞれ X 方向配線及び Y 方向配線である。

【 0 1 7 3 】

外囲器 9 7 は、上述の如く、フェースプレート 9 6 と支持枠 9 2 とリアプレート 9 1 とで構成される。また、フェースプレート 9 6 とリアプレート 9 1 と間に、スペーサーとよばれる不図示の支持体を設置することにより、大気圧に対して十分な強度をもつ外囲器 9 7 を構成できる。

【 0 1 7 4 】

メタルバック 9 5 は、蛍光膜作製後、蛍光膜の内面側表面の平滑化处理（通常、「フィルミング」と呼ばれる。）を行い、その後 A 1 を、真空蒸着等を用いて堆積させることで作ることができる。

【 0 1 7 5 】

フェースプレート 9 6 には、更に蛍光膜 9 4 の導電性を高めるため、蛍光膜 9 4 の外面側に透明電極（不図示）を設けた。

【 0 1 7 6 】

前述の封着を行う際には、カラーの場合は各色蛍光体と電子放出素子とを対応させる必要があり、十分な位置合わせが不可欠となる。

【 0 1 7 7 】

次に、図 1 0 に示す走査回路 1 0 2 について説明する。同回路は、内部に M 個のスイッチング素子を備えたもので（図中、S 1 ないし S m で模式的に示している）ある。各スイッチング素子は、直流電圧源 V x の出力電圧もしくは 0 [V]

(グラウンドレベル)のいずれか一方を選択し、表示パネル101の端子Dx1ないしDxmと電氣的に接続される。

【0178】

S1乃至Smの各スイッチング素子は、制御回路103が出力する制御信号Ts canに基づいて動作するものであり、例えばFETのようなスイッチング素子を組み合わせることにより構成することができる。

【0179】

直流電圧源Vxは、本例の場合には本発明の実施の形態に係る電子放出素子の特性(電子放出しきい値電圧)に基づき、走査されていない素子に印加される駆動電圧が電子放出しきい値電圧以下となるような一定電圧を出力するよう設定されている。

【0180】

制御回路103は、外部より入力する画像信号に基づいて適切な表示が行われるように各部の動作を整合させる機能を有する。制御回路103は、同期信号分離回路106より送られる同期信号Ts yncに基づいて、各部に対してTs canおよびTs f tおよびTm r yの各制御信号を発生する。

【0181】

同期信号分離回路106は、外部から入力されるNTSC方式のテレビ信号から同期信号成分と輝度信号成分とを分離する為の回路で、一般的な周波数分離(フィルター)回路等を用いて構成できる。

【0182】

同期信号分離回路106により分離された同期信号は、垂直同期信号と水平同期信号より成るが、ここでは説明の便宜上Ts ync信号として図示した。前記テレビ信号から分離された画像の輝度信号成分は便宜上DATA信号と表した。このDATA信号はシフトレジスタ104に入力される。

【0183】

シフトレジスタ104は、時系列的にシリアルに入力されるDATA信号を、画像の1ライン毎にシリアル/パラレル変換するためのもので、制御回路103より送られる制御信号Ts f tに基づいて動作する。即ち、制御信号Ts f tは

、シフトレジスタ104のシフトクロックであるということもできる。

【0184】

シリアル／パラレル変換された画像1ライン分（電子放出素子N素子分の駆動データに相当）のデータは、 I_{d1} 乃至 I_{dn} のN個の並列信号としてシフトレジスタ104より出力される。

【0185】

ラインメモリ105は、画像1ライン分のデータを必要時間の間だけ記憶する為の記憶装置であり、制御回路103より送られる制御信号 T_{mry} に従って適宜 I_{d1} 乃至 I_{dn} の内容を記憶する。記憶された内容は、 I'_{d1} 乃至 I'_{dn} として出力され、変調信号発生器107に入力される。

【0186】

変調信号発生器107は、画像データ I'_{d1} 乃至 I'_{dn} の各々に応じて本実施の形態に係る電子放出素子の各々を適切に駆動変調する為の信号源であり、その出力信号は、端子 D_{oy1} 乃至 $D_{oy n}$ を通じて表示パネル101内の本実施の形態に係る電子放出素子に印加される。

【0187】

前述したように、本発明の実施の形態に係る電子放出素子は放出電流 I_e に対して以下の基本特性を有している。

【0188】

即ち、電子放出には明確なしきい値電圧 V_{th} があり、 V_{th} 以上の電圧を印加された時のみ電子放出が生じる。

【0189】

電子放出しきい値以上の電圧に対しては、素子への印加電圧の変化に応じて放出電流も変化する。このことから、本素子にパルス状の電圧を印加する場合、例えば電子放出閾値以下の電圧を印加しても電子放出は生じないが、電子放出閾値以上の電圧を印加する場合には電子ビームが出力される。

【0190】

その際、パルスの波高値 V_m を変化させる事により出力電子ビームの強度を制御することが可能である。また、パルスの幅 P_w を変化させることにより出力さ

れる電子ビームの電荷の総量を制御する事が可能である。

【0191】

従って、入力信号に応じて、電子放出素子を変調する方式としては、電圧変調方式、パルス幅変調方式等が採用できる。電圧変調方式を実施するに際しては、変調信号発生器107として、一定長さの電圧パルスを発生し、入力されるデータに応じて適宜パルスの波高値を変調するような電圧変調方式の回路を用いることができる。

【0192】

パルス幅変調方式を実施するに際しては、変調信号発生器107として、一定の波高値の電圧パルスを発生し、入力されるデータに応じて適宜電圧パルスの幅を変調するようなパルス幅変調方式の回路を用いることができる。

【0193】

シフトレジスタ104やラインメモリ105は、デジタル信号式を用いた。

【0194】

変調信号発生器107には、例えばD/A変換回路を用い、必要に応じて増幅回路などを付加する。パルス幅変調方式の場合、変調信号発生器107には、例えば高速の発振器および発振器の出力する波数を計数する計数器（カウンタ）及び計数器の出力値と前記メモリの出力値を比較する比較器（コンパレータ）を組み合せた回路を用いた。

【0195】

ここで述べた画像形成装置の構成は、本発明を適用可能な画像形成装置の一例であり、本発明の技術思想に基づいて種々の変形が可能である。入力信号については、NTSC方式を挙げたが入力信号はこれに限られるものではなく、PAL、SECAM方式など他、これよりも、多数の走査線からなるTV信号（例えば、MUSE方式をはじめとする高品位TV）方式をも採用できる。

【0196】

【実施例】

次に、上記実施の形態に基づくより具体的な実施例を詳細に説明する。

【0197】

(実施例 1)

本実施例では、基本的な構成は、上述した実施の形態の中で説明した図 1 に示す構成を備えたものである。

【0198】

以下に、図 5 を用いて本実施例に係わる電子放出素子の製造工程を詳細に説明する。

【0199】

(工程 1)

基板 1 に石英基板を用い、十分洗浄を行った後、引出し電極 2 及び陰極電極 3 を形成するために、はじめに、基板全体にスパッタ法により、不図示の厚さ 5 nm の Ti 及び厚さ 500 nm の Pt の蒸着を連続的に行った。

【0200】

次に、フォトリソグラフィ工程で、不図示のポジ型フォトレジスト (AZ 1500/クラリアント社製) を用いてレジストパターンを形成した。

【0201】

次に、パターニングした前記フォトレジストをマスクとして、Pt 層と Ti 層に対して、Ar ガスを用いてドライエッチングを行い、電極ギャップ間 (間隙の幅) が 5 μ m からなる引出し電極 2、および陰極電極 3 をパターニングした (図 5 (A) に示す状態)。

【0202】

以下、フォトリソグラフィ工程、成膜、リフトオフ、エッチング等による薄膜やレジストのパターニングを単にパターンニングと称する。

【0203】

(工程 2)

次に、基板全体に不図示の Cr を電子ビーム蒸着にて約 100 nm の厚さに堆積し、その上にポジ型フォトレジスト (AZ 1500/クラリアント社製) をパターニングした。

【0204】

次に、パターニングした前記フォトレジストをマスクとし、触媒微粒子を介し

て繊維状カーボンが成長する導電層を被覆すべき領域 ($100\mu\text{m} \times 80\mu\text{m}$) を陰極電極 3 上に形成し、開口部の Cr を硝酸セリウム系のエッチング液で取り除いた。

【0205】

次に、スパッタ法にて触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する Ti を厚さ 50nm の厚さとなるように蒸着を行った。

【0206】

次に、不要な Ti とレジストを同時に剥離して (リフトオフ法)、Ti 導電層 (第 1 の層 5) を形成した (図 5 (B) に示す状態)。

【0207】

(工程 3)

工程 2 と同様なパターンニングにより、Ti 導電層 (第 1 の層 5) を、Ti 導電層 (第 1 の層 5) の引出し電極側の側壁のみが露出するように、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しない Ta 導電層 (第 2 の層 6) ($140\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$) で覆った (図 5 (C) に示す状態)。

【0208】

(工程 4)

続いて、不図示の Cr 約 100nm を、Pt / Ti 層 (陰極電極 3 に相当)、Ti 導電層 (第 1 の層 5) 及び Ta 導電層 (第 2 の層 6) の引出し電極側の側壁のみが露出するようにパターンニングした。

【0209】

そして、Pd 錯体にイソプロピルアルコール等を加えた錯体溶液を、スピコートにて基板全体に塗布した。

【0210】

塗布後、大気中 300°C で熱処理を行い、酸化パラジウムを全面に約 10nm の厚さに形成した後、Cr を硝酸セリウム系のエッチング液にて取り除くことにより、不要な酸化パラジウムをリフトオフして、パターンニングされた酸化パラジウムを形成した。

【0211】

大気を排気後、基板を200℃に加熱し、窒素で希釈した2%水素気流中で熱処理を行った。この段階で素子表面には粒子の直径が約3~10nmの触媒微粒子52が壁面に形成された。この時の粒子の密度は約 $10^{11} \sim 10^{12}$ 個/cm²と見積もられた(図5(D)に示す状態)。

【0212】

(工程5)

続いて、窒素希釈した0.1%エチレン気流中で、500℃、10分間加熱処理をした。これを走査電子顕微鏡で観察すると、壁面の触媒微粒子のうち触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長するTi導電層(第1の層5)の壁面のみに、直径10nm~25nm程度で、屈曲しながら繊維状に伸びた多数の繊維状カーボン4が形成されているのがわかった。

【0213】

このとき繊維状カーボン4の厚さは約500nmとなっていた。触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長しないPt層(陰極電極3)及びTa導電層(第2の層6)の壁面には、繊維状カーボン4は認められなかった(図5(E)に示す状態)。

【0214】

以上のようにして作製した電子放出素子を図6に示すような真空装置60に設置し、真空排気装置65によって 2×10^{-5} Paに到達するまで十分に排気した。

【0215】

そして、図6に示したように、素子からH=2mm離れた陽極(アノード)61に、陽極(アノード)電圧として $V_a = 10$ KVを印加した。このとき素子には駆動電圧(電極2, 3間に印加する電圧) $V_f = 20$ Vからなるパルス電圧を印加して、流れる素子電流 I_f と電子放出電流 I_e を計測した。

【0216】

素子の I_f 及び I_e 特性は、図7に示すような特性であった。すなわち印加電圧の約半分から I_e が急激に増加し、 V_f が15Vでは約1 μ Aの電子放出電流 I_e が測定された。一方 I_f は I_e の特性に類似していたが、その値は I_e と比

較して一桁以上小さな値であった。

【0 2 1 7】

得られたビームは、Y 方向に細長く X 方向に短い、略矩形形状であった。

【0 2 1 8】

陰極電極 3 とゲート電極 2 間に印加する電圧 (V_f) を 15 V に固定し、アノード間距離を 2 mm に固定して、アノード電圧を 5 kV, 10 kV、ギャップ (間隙の幅) を 1 μm , 5 μm にした時のビーム幅を測定したところ表 1 のようになった。

【0 2 1 9】

【表 1】

	$V_a = 5 \text{ kV}$	$V_a = 10 \text{ kV}$
ギャップ: 1 μm	X 方向 60 μm Y 方向 170 μm	X 方向 30 μm Y 方向 150 μm
ギャップ: 5 μm	X 方向 93 μm Y 方向 170 μm	X 方向 72 μm Y 方向 150 μm

駆動に必要な電界は成長条件を変えることで変化させることが可能であった。特に酸化パラジウムを還元処理して出来る Pd の平均粒径が、その後の成長で出来る繊維の直径と関連している。

【0 2 2 0】

Pd の平均直径は塗布する Pd 錯体の Pd 濃度とスピンコートの回転数で制御することが可能であった。

【0 2 2 1】

この素子のカーボン繊維を透過電顕で観察したところ、グラフェンが図 12 の右に示すように積層された構造であった。グラフェンの積層間隔 (C 軸方向) は温度が低い 500 $^{\circ}\text{C}$ 程度では不鮮明であり、その間隔が 0.4 nm であったが、温度が高くなればなるほど、格子間隔が鮮明となり、700 $^{\circ}\text{C}$ では 0.34 nm となりグラファイト 0.335 nm に近い値となった。

【0 2 2 2】

以上のように、本実施例に係わる電子放出素子の構成をとることにより、容量及び駆動電圧が低減され、効率が高く、ビーム径の小さい特性をもつ電子放出素

子が実現できた。

【 0 2 2 3 】

(実施例 2)

図 2 を参照して実施例 2 に係わる電子放出素子について説明する。図 2 は本発明の実施例 2 に係る電子放出素子の模式図であり、(A) はその平面図であり、(B) は (A) 中 A A 断面図である。

【 0 2 2 4 】

本実施例では実施例 1 における引出し電極 2 の厚さを 2 0 0 n m に形成した以外の構成等は実施例 1 と同様にして電子放出素子の作製を行い、 I_f 、 I_e の計測を行った。

【 0 2 2 5 】

本素子構成により、引出し電極 2 の厚さよりも陰極電極 3 の厚さを厚くすることによって、電子放出位置を引出し電極 2 から見て、確実に高い位置（アノード側）にすることが出来た。

【 0 2 2 6 】

この構成によって、ゲートに衝突する軌道を描く電子数が減少し、効率の低下や、ビーム径の増大を招く現象を防ぐことが出来た。

【 0 2 2 7 】

この結果、本素子構成においても、 V_f が 2 0 V では約 $1 \mu A$ の電子放出電流 I_e が測定された。一方 I_f は I_e の特性に類似していたが、その値は I_e と比較して二桁小さな値であった。この時のビーム径もほぼ表 1 と同じであった。

【 0 2 2 8 】

以上のように、本実施例に係わる電子放出素子の構成をとることにより、容量及び駆動電圧が低減され、効率が高く、ビーム径の小さい特性をもつ電子放出素子を実現できた。

【 0 2 2 9 】

(実施例 3)

図 3 を参照して実施例 3 に係わる電子放出素子について説明する。図 3 は本発明の実施例 3 に係る電子放出素子の模式図であり、(A) はその平面図であり、

(B) は (A) 中 A A 断面図である。

【 0 2 3 0 】

本実施例では実施例 1 における工程 2 において、導電層 5 を陰極電極 3 の表面上から基板表面上であって、ギャップ（間隙）にまたがって、ギャップのほぼ中間位置まで形成して、ギャップ間距離を約半分に形成した構成となっている。

【 0 2 3 1 】

本素子では実施例 1 と比較してギャップ間距離が小さい分、電界が約 2 倍程度強い。このため駆動の電圧は 8 V 程度まで低下させることが可能となった。また導電層 5 を繊維状カーボン 4 の電氣的接続層として用いたことによりギャップ内の繊維状カーボン 4 から安定に電子放出させることが可能となった。

【 0 2 3 2 】

以上のように、本実施例に係わる電子放出素子の構成をとることにより、容量及び駆動電圧が低減され、効率が高く、ビーム径の小さい特性をもつ電子放出素子が実現できた。

【 0 2 3 3 】

(実施例 4)

図 4 を参照して実施例 4 に係わる電子放出素子について説明する。図 4 は本発明の実施例 4 に係る電子放出素子の模式図であり、(A) はその平面図であり、(B) は (A) 中 A A 断面図である。

【 0 2 3 4 】

本実施例では上記実施例 1 で述べた工程 1 と工程 2 が以下に示すように異なっており、他の工程は同一である。

【 0 2 3 5 】

(工程 1)

基板 1 に石英基板を用い、十分洗浄を行った後、陰極（エミッター）電極 3 として、スパッタ法により厚さ 5 nm の T i 及び厚さ 5 0 0 nm の P t と、繊維状カーボンが成長可能な導電層 5 として厚さ 1 0 0 nm の T i の蒸着を連続的行った。

【 0 2 3 6 】

次に、フォトリソグラフィ工程で、ポジ型フォトリソレジスト（AZ1500／クラリアント社製）を用いてレジストパターンを形成した。

【0237】

次に、パターニングした前記フォトリソレジストをマスクとしてTi導電層（第1の層5）を、 CF_4 を用いてドライエッチングを行い、続いて、Pt、Ti層をArにてドライエッチングを行って、陰極電極3を形成した。

【0238】

次に、陰極電極3をマスクとして用い、フッ酸とフッ化アンモニウムからなる混酸を用いて、約500nmの深さ、石英基板をエッチングした。

【0239】

続いて、引出し電極2として再びスパッタ法により厚さ5nmのTi及び厚さ30nmのPtの蒸着を連続的行った。陰極電極3のフォトリソレジストを剥離後、再びポジ型フォトリソレジスト（AZ1500／クラリアント社製）を用いてゲート電極形状を形成するためのレジストパターンを形成した。

【0240】

次に、パターニングした前記フォトリソレジストをマスクとしてPt層、Ti層をArを用いてドライエッチングを行い、段局間に形成された段差がギャップとして作用するように引出し電極2を形成した。

【0241】

そして、レジストパターンを陰極上に形成して、直進性の良い抵抗加熱蒸着でNi微粒子の形成を、約5nmの厚さに形成し、その後酸化処理を350℃で30分行った。この工程以降は、実施例1と同じ工程とした。

【0242】

本素子構成により、より微細なギャップを作ることが可能となり、約6V程度から電子放出させることが出来るようになった。

【0243】

また、電子放出材料の高さ（膜厚）が厚いことに起因して、膜の上部からだけでなく中間位置から電子が出ることで、ゲート電極に電子が衝突することによる効率の低下や、ビーム径の増大を防ぐことが出来た。

【 0 2 4 4 】

(実施例 5)

上記実施例に係わる電子放出素子を複数配して得られる画像形成装置について説明する。

【 0 2 4 5 】

実施例 1 の電子放出素子を図 8 に示すようにマトリクス状に配置し、電子源基体 8 1 を完成させた。

【 0 2 4 6 】

この電子源基体 8 1 を用いて、電子放出素子 8 4 上部に、2 mm の距離を隔てて蛍光体 9 4 を有する陽極（アノード）基板 9 6 が配置されるようにし、図 9 に示す画像形成装置を作製した。

【 0 2 4 7 】

$V_f = 20 \text{ V}$ からなるパルス電圧、 V_a （アノードに印加する電圧） $= 10 \text{ kV}$ で駆動したところ、画像形成装置においても実施例 1 と同様の特性が得られた。

【 0 2 4 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、繊維状カーボンを、導電層の引出し電極側側壁面上のみに成長するようにしたので、導電層の他の面からの電子放出を低減することができ、電子放出効率の向上を図り、かつ、放出する電子軌道の収束性の向上を図ることができた。

【 0 2 4 9 】

また、このように電子放出効率及び電子軌道の収束性に優れた電子放出素子を電子源に適用することで、高品位な電子源を実現でき、また、画像形成装置にそのような電子源を適用することで、より高精細な画像形成を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態及び実施例 1 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 2】

本発明の実施例 2 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 3】

本発明の実施例 3 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 4】

本発明の実施例 4 に係る電子放出素子の模式図である。

【図 5】

本発明の実施例 1 に係わる電子放出素子の製造工程図である。

【図 6】

電子放出素子の動作説明図である。

【図 7】

電子放出素子の基本的な動作特性図である。

【図 8】

本発明の実施の形態に係る電子源の模式的平面図である。

【図 9】

本発明の実施の形態に係る画像形成装置の一部破断斜視図である。

【図 1 0】

本発明の実施の形態に係る画像形成装置のブロック図である。

【図 1 1】

繊維状カーボン（カーボンナノチューブ）の概略構成図である。

【図 1 2】

繊維状カーボン（グラファイトナノファイバー）の概略構成図である。

【図 1 3】

従来技術に係る縦型 F E の概略構成図である。

【図 1 4】

従来技術に係る横型 F E の概略構成図である。

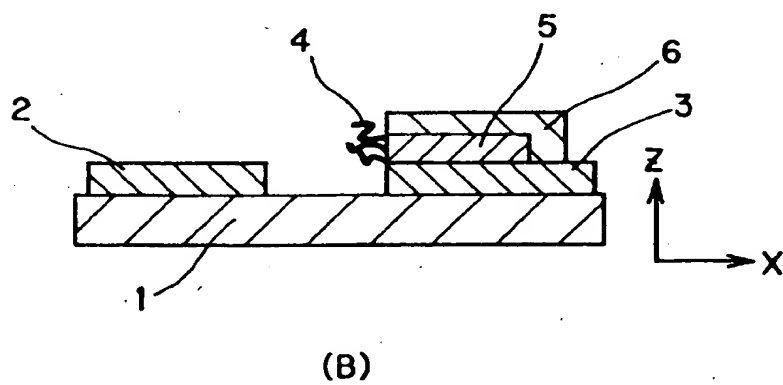
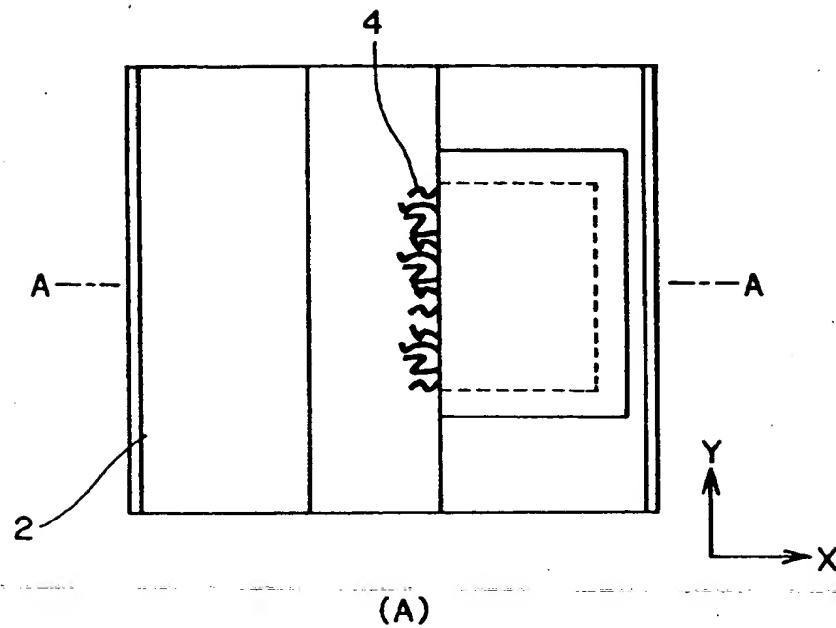
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 引出し電極
- 3 陰極電極

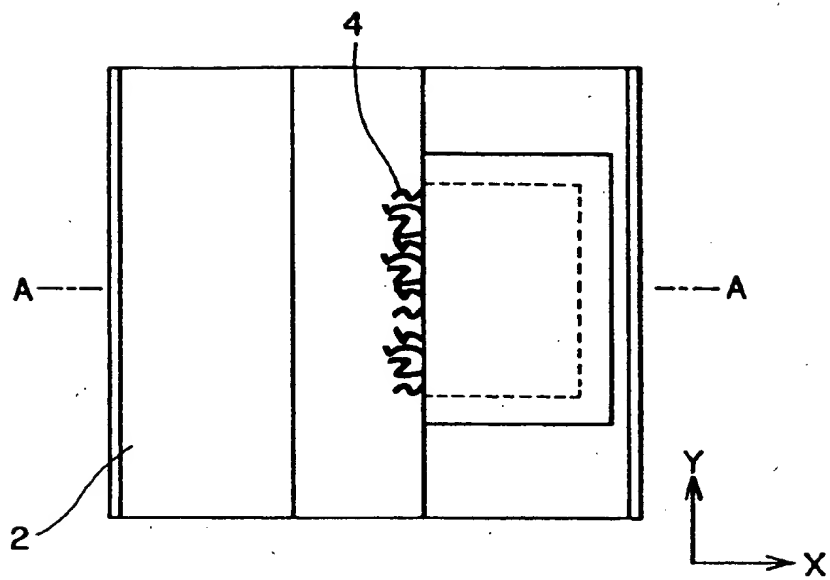
- 4 繊維状カーボン
- 5 第 1 の層
- 6 第 2 の層
- 5 2 触媒微粒子
- 6 0 真空装置
- 6 1 アノード
- 6 2 蛍光体
- 6 3 等電位線
- 6 5 真空排気装置
- 8 1 基体
- 8 2 X 方向配線
- 8 3 Y 方向配線
- 8 4 電子放出素子
- 8 5 結線
- 9 1 リアプレート
- 9 2 支持枠
- 9 3 ガラス基体
- 9 4 蛍光膜
- 9 5 メタルバック
- 9 6 フェースプレート
- 9 7 外囲器
- 1 0 1 表示パネル
- 1 0 2 走査回路
- 1 0 3 制御回路
- 1 0 4 シフトレジスタ
- 1 0 5 ラインメモリ
- 1 0 6 同期信号分離回路
- 1 0 7 変調信号発生器

【書類名】 図面

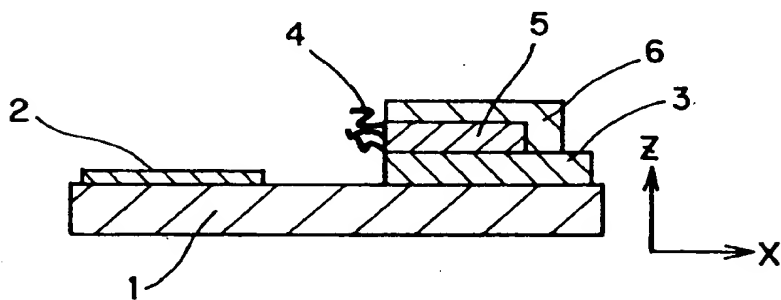
【図 1】



【図 2】

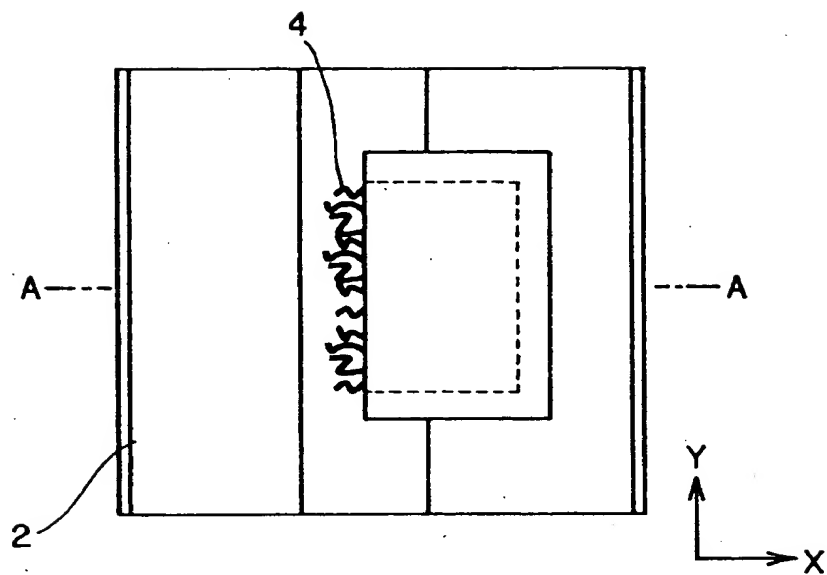


(A)

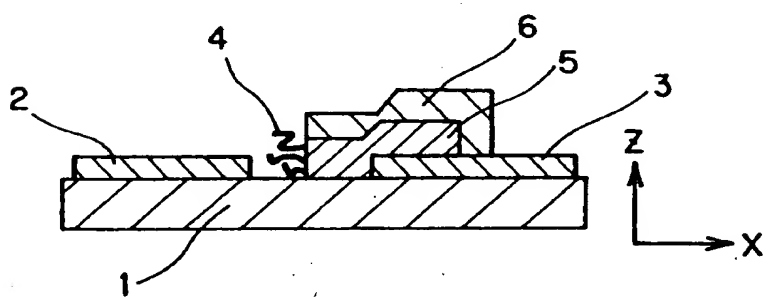


(B)

【図 3】

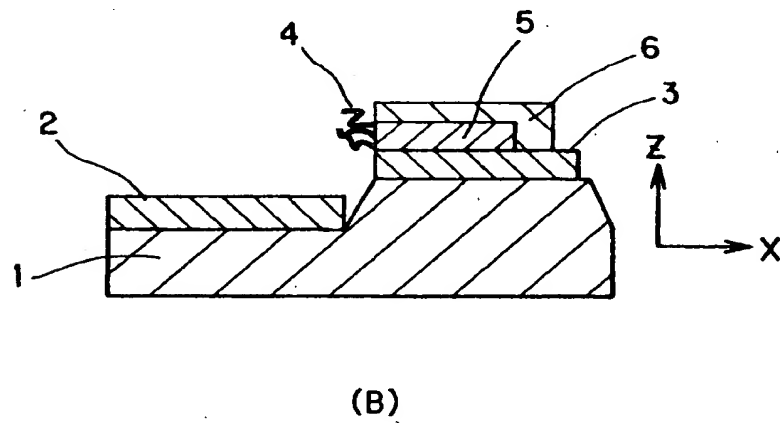
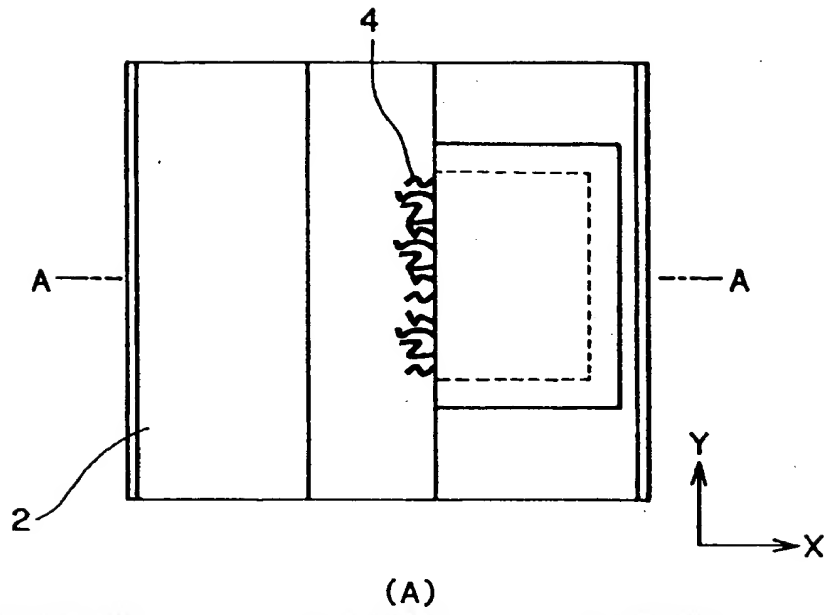


(A)

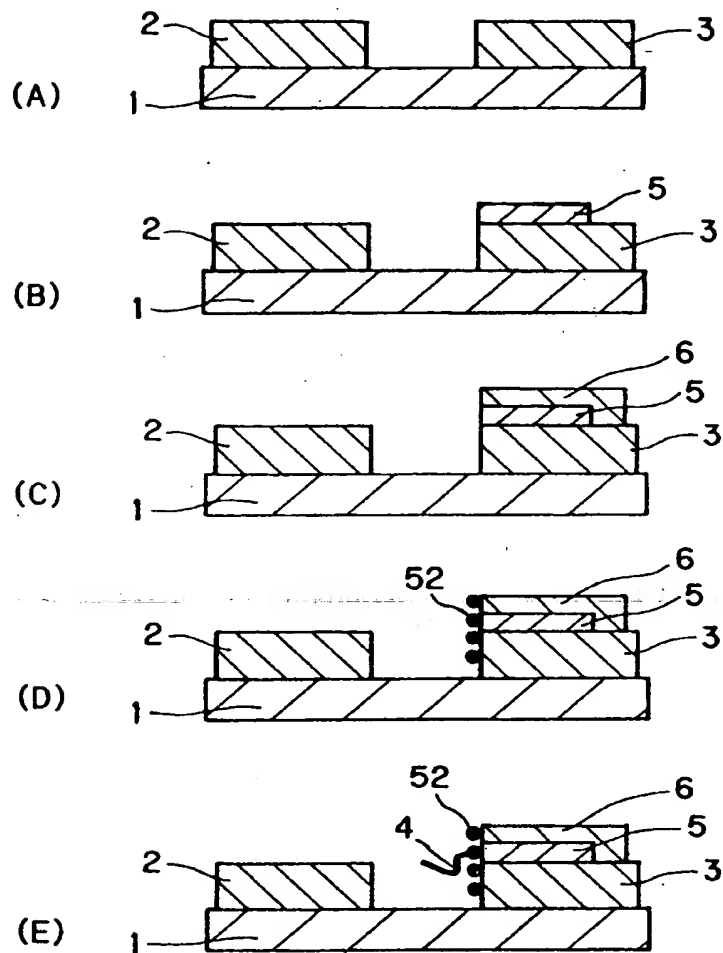


(B)

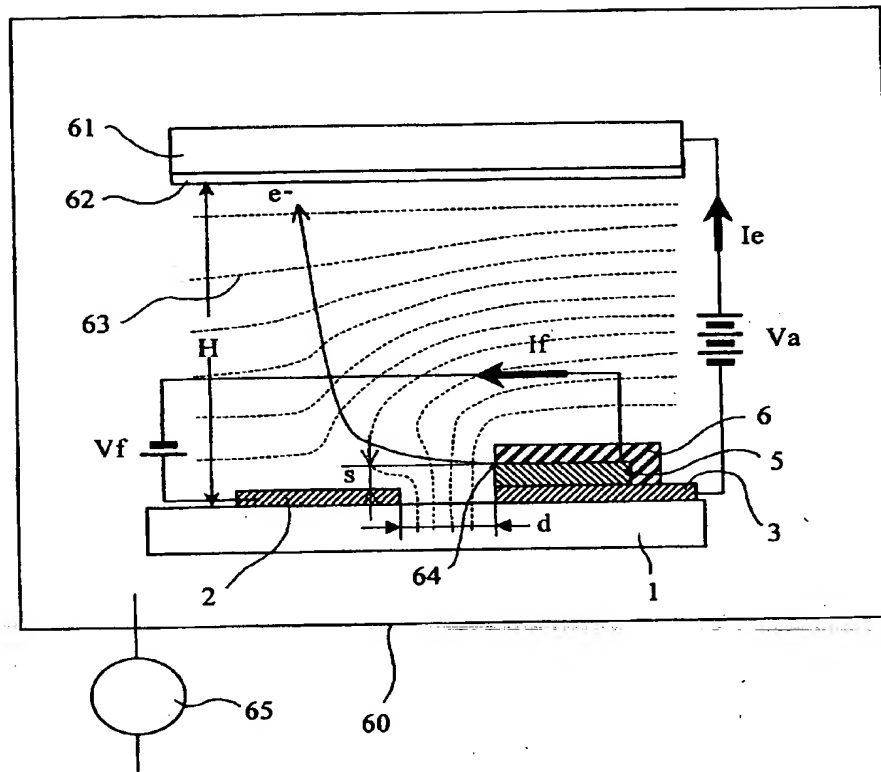
【図 4】



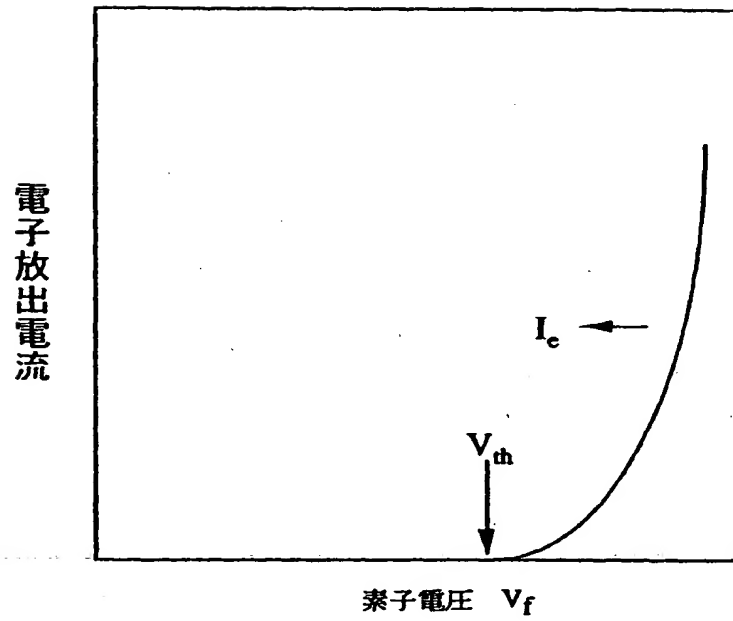
【図 5】



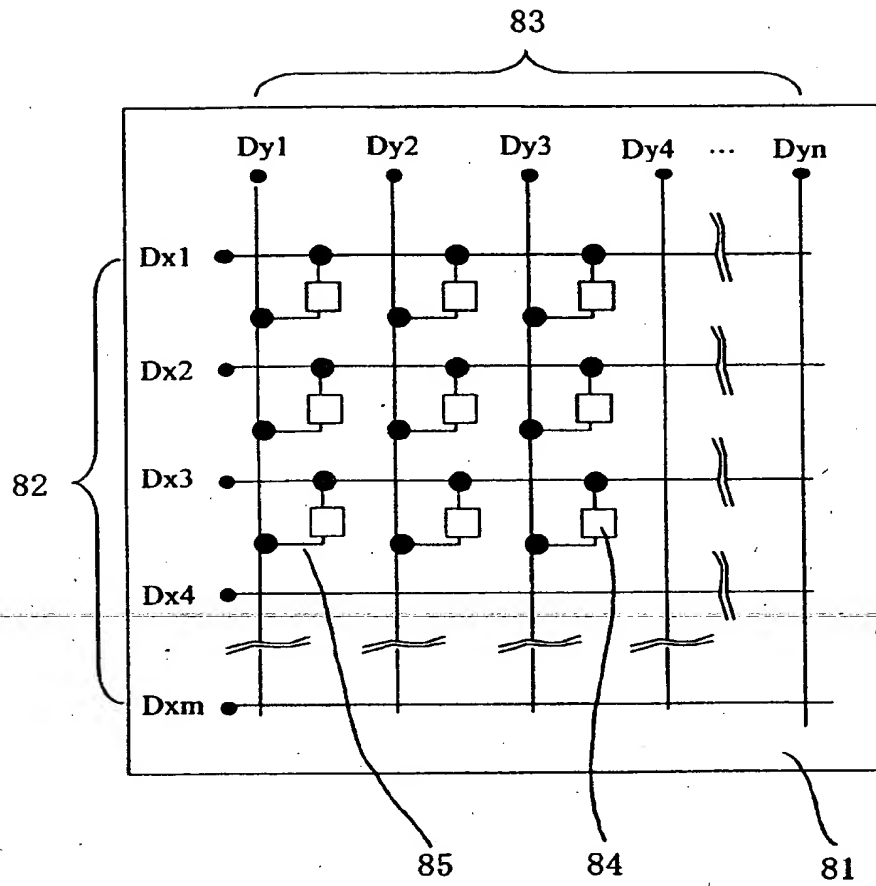
【図 6】



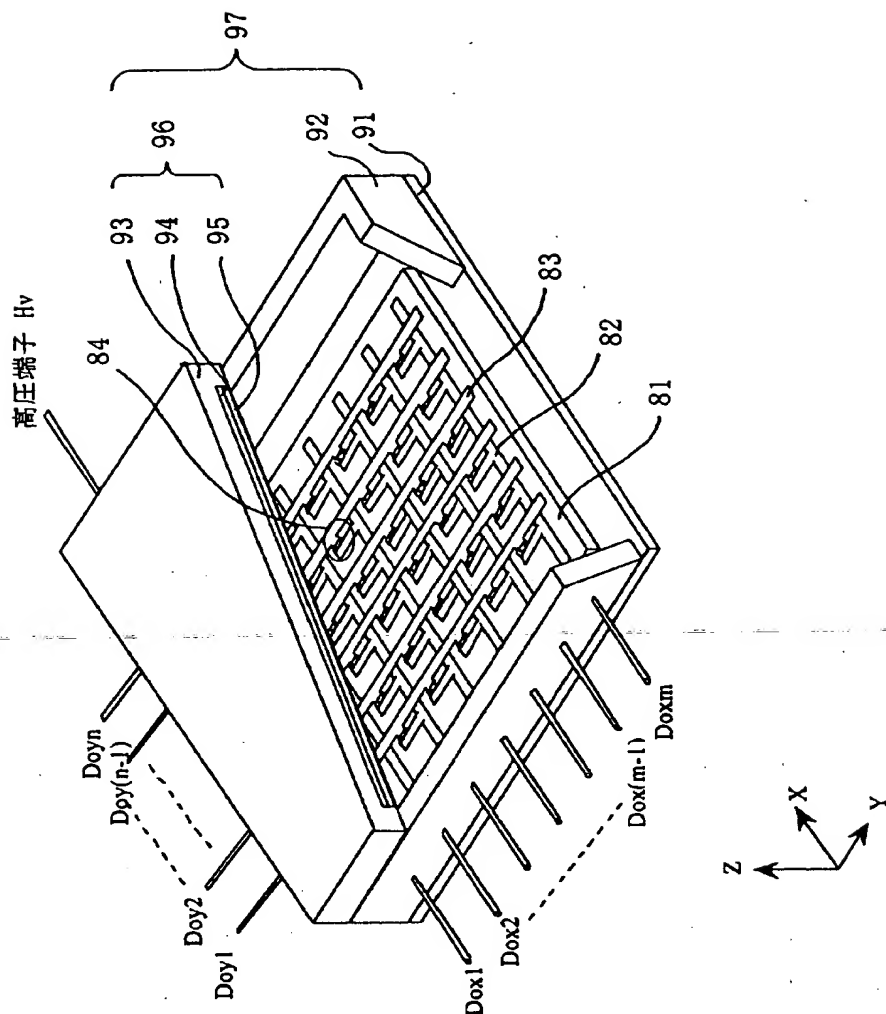
【図 7】



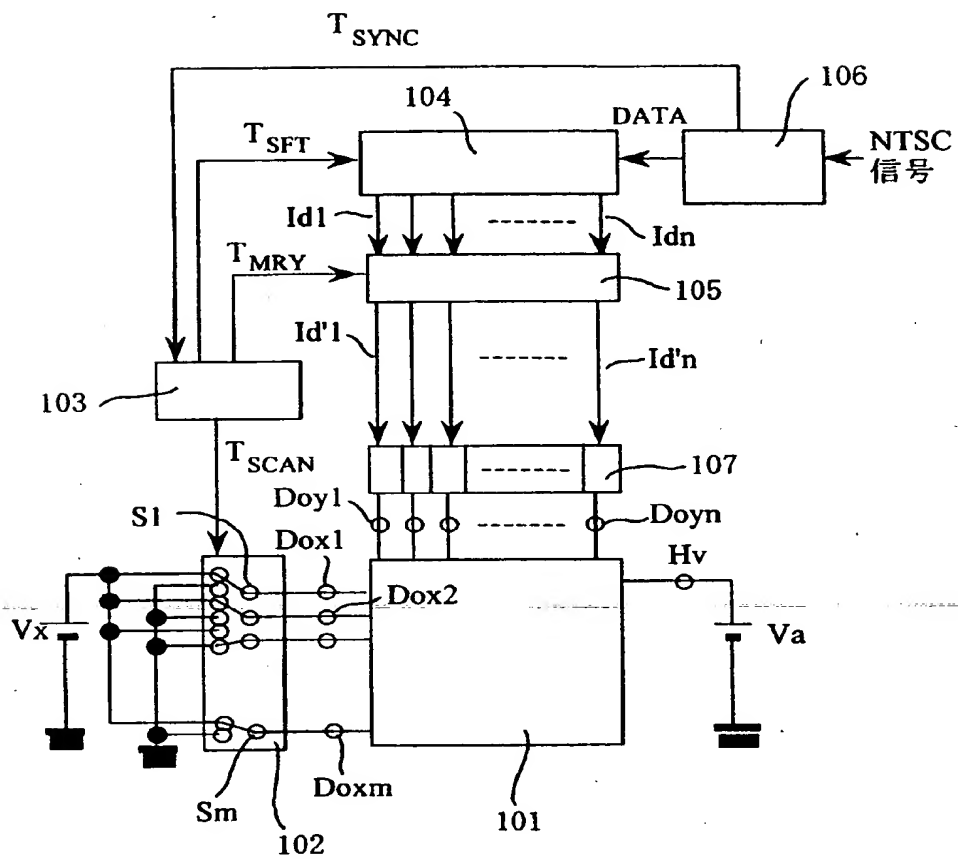
【図 8】



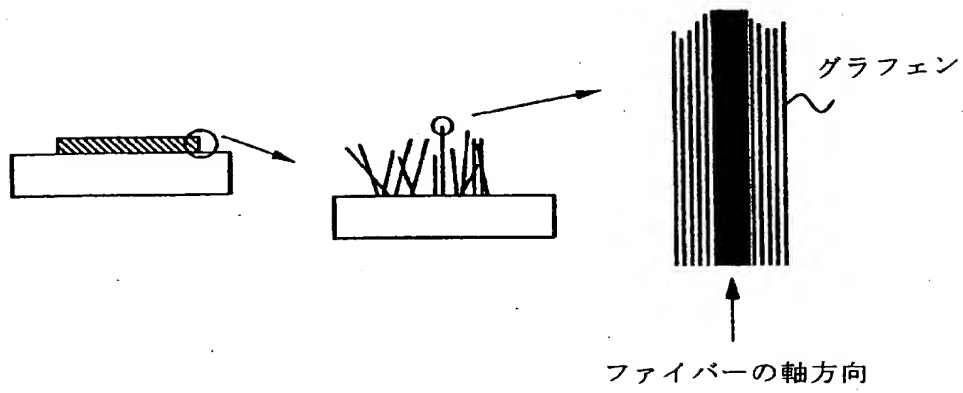
【図 9】



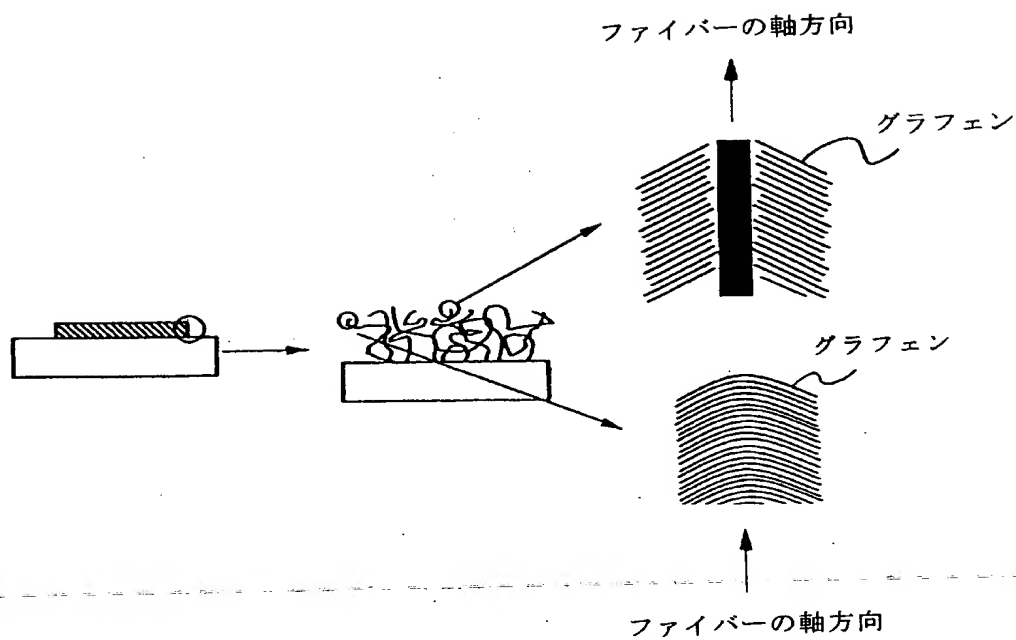
【图 10】



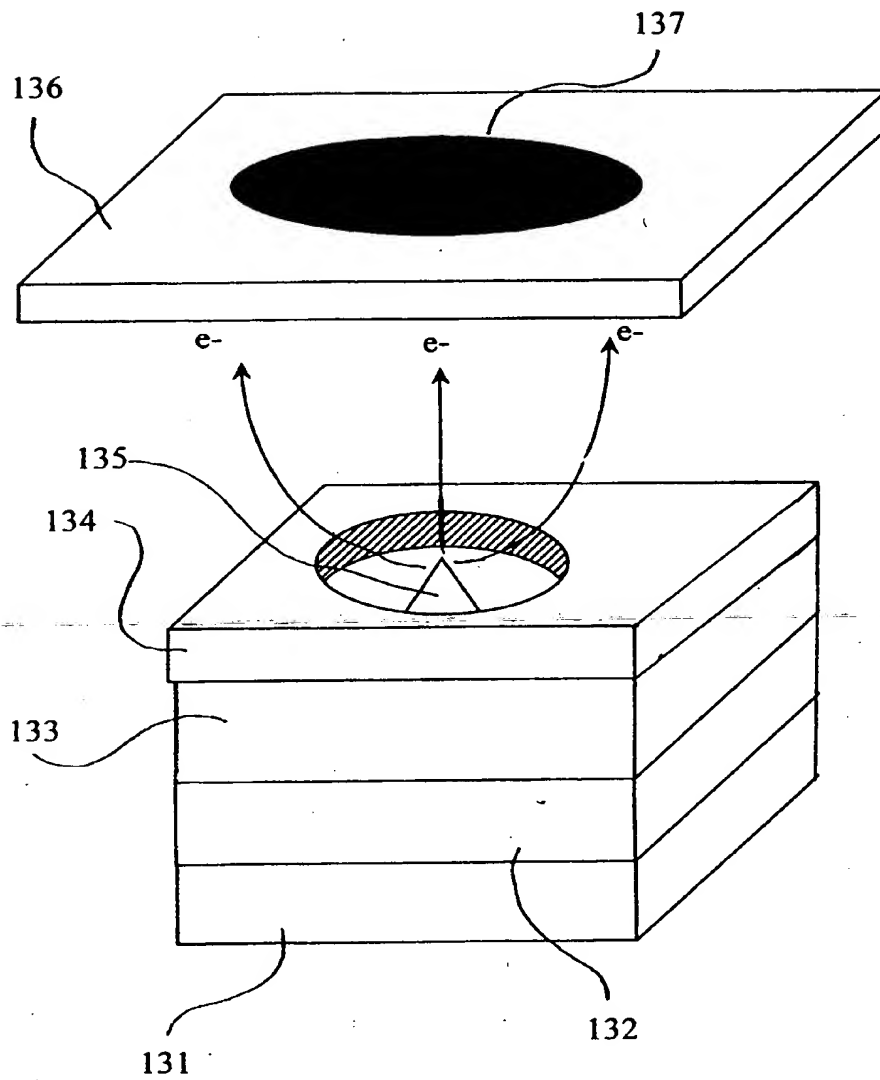
【図 11】



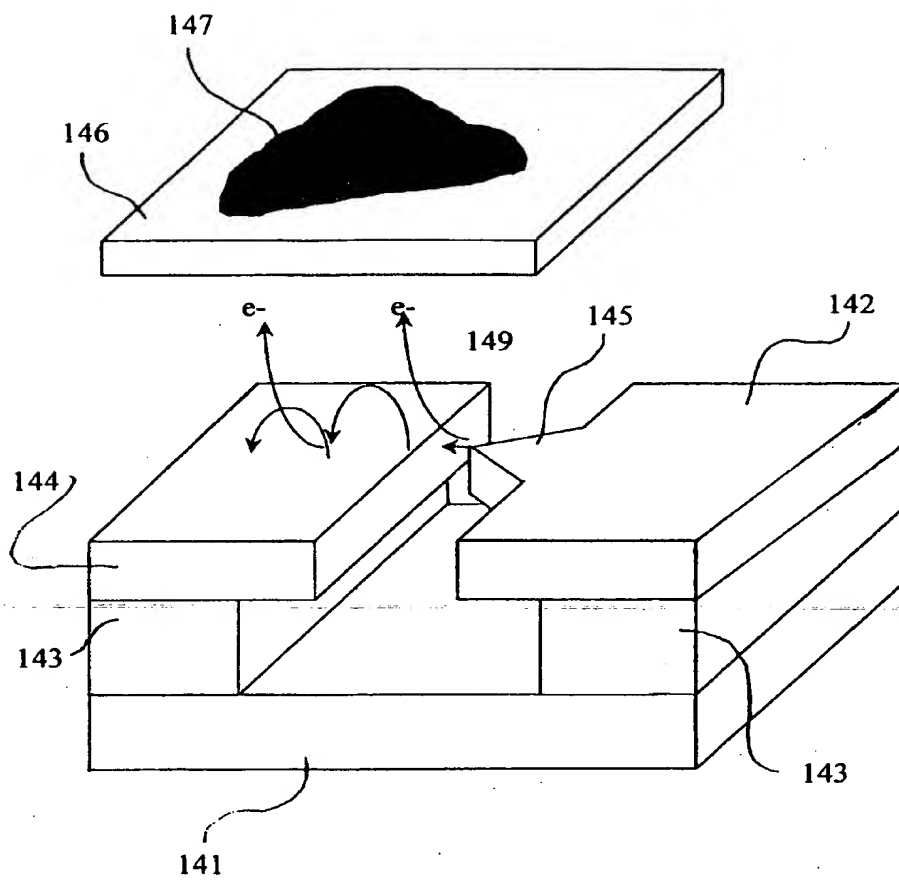
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 素子容量および駆動電圧の低減と電子放出効率の向上を図るとともに、高精細なビームを長期に渡って安定に得ることができる電子放出素子および電子源および画像形成装置を提供する。

【解決手段】 第 1 の層 5 に比べて、触媒微粒子を介して繊維状カーボン 4 が成長しない第 2 の層 6 は、触媒微粒子を介して繊維状カーボンが成長する第 1 の層 5 の引出し電極 2 側の側面を除いた領域を覆う構成として、その結果、繊維状カーボン 4 が成長する第 1 の層 5 においては、引出し電極 2 側の側壁のみが露呈するので、後の繊維状カーボン成長工程で引出し電極 2 側の側壁のみに触媒微粒子を介して繊維状カーボン 4 が成長する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-254638
受付番号	50101241827
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成 13 年 8 月 29 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】	キャノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100085006
【住所又は居所】	東京都中央区東日本橋3丁目4番10号 ヨコヤマビル6階 秀和特許事務所

【氏名又は名称】	世良 和信
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100100549
【住所又は居所】	東京都中央区東日本橋3丁目4番10号 ヨコヤマビル6階 秀和特許事務所

【氏名又は名称】	川口 嘉之
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100106622
【住所又は居所】	東京都中央区東日本橋3丁目4番10号 ヨコヤマビル6階 秀和特許事務所

【氏名又は名称】	和久田 純一
----------	--------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社